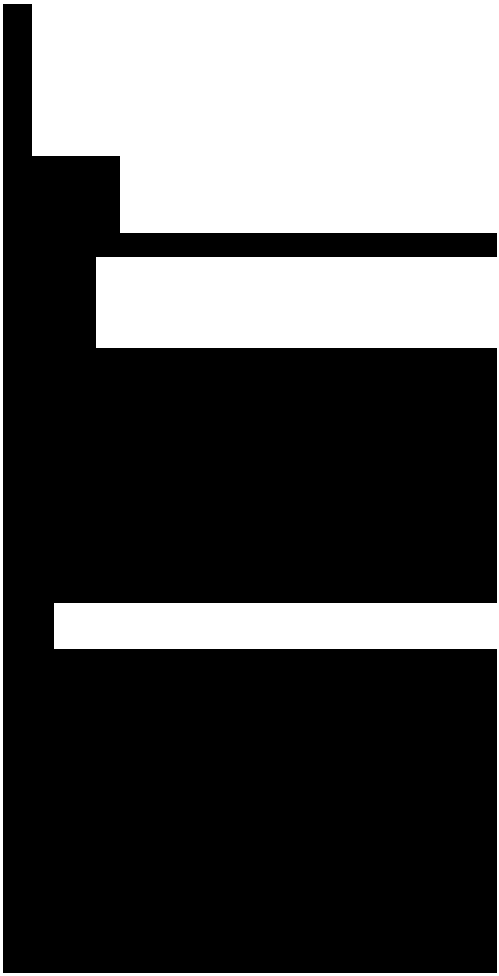
I

I D E I
CONTEMPORANE

1



II

k

I D E I
CONTEMPORANE

SOLOMON MARCUS

PROVOCAREA ŞTIINŢEI

1 9 8 8 EDITURA POLITICA
BUCUREŞTI

Redactor: ADELA BECLEANU IANCU
Coperta : VALENTINA BORO

ŞCuprins

P R E F A Ţ A 1 3 Provocarea gîndirii axiomatice
De la Euclid la Spinoza.....19
Gîndirea axiomatică în ofensivă 20
Axiomatica, între fizică şi logică 22
O distincţie care nu a rezistat: axiomă-postulat 23
O nouă etapă a gîndirii axiomatice 25
Un popas la geometria lui Riemann ...26 Legătură tot mai strînsă între geometrie şi experiment.....28
Copiii şi axiomatica.....29
Posibilitatea dicţionarelor axiomatice ... 31
In absenţa axiomelor, apare circularitatea 33
Axiome logice şi axiome lingvistice ... 35
Un moment esenţial : alegerea axiomelo" . . J7
Cum se naşte un sistem de axiome ... J8
Grupul lui Ga'.ois..... J9
Intre axiomă şi interpretarea ei ... 11
Adevărul axiomelor sau al interpretărilor lor ? 12
Necontradlcţia relativă.....44
Independenţa unui sistem de axiome ... 45
Citeva cazuri mai dificile.....47

Completitudine şi categoricitate 48Catcgoricitatca
unui sistem de axiome ... 50
O axiomatizare a unei părţi a geometriei plane. 52
Mai întîi concepte, apoi axiome 54
De la concepţia tradiţională la cea modernă . 55
Provocarea lui Godel.....57
Metamatematica 58
Teorema de incompletitudine.....59
Paradoxul lui Richard.....61
Numărătoarea Godel 63
Şi totuşi, paradoxul nu poate fi evitat . 64
O formalizare necontradictorie este incompletă . 66
Analogia cu paradoxul mincinosului ... 69
Imposibilitatea unei demonstraţii de necontra- dicţie absolută.....70
O maşină Godel 71
Un sistem formal mai general 72
O teoremă abstractă de tip Godel 74
O dilemă privind enunţurile adevărate, dar nedemonstrabile.....75
O pereche bizară de enunţuri.....77
Proceduri de decizie 78
Teorii deridabile şi teorii nedecidabile ... 79

Provocarea fizicii
Provocarea Einstein-Podolsky-Rosen ... 82
Teorema lui Be'.l.....85
Ipoteza „bootstrap"-ului 89
Fizică şi topologie.....92
Ideile lui Bohm.....95
Strania matematică a mecanicii cuantice . . 98
Ordinea implicată, materia şi energia . . . 102
De la fragmentare la unitate.....105
Bolim despre timp.....107
Eîte universul de natură holografică ? ... 110
Creierul ca hologramă.....113
l'rovocarea medicinci

Momentul Magellan al medicinci 118
Liniar şi circular.....122
Liniaritatea ca sursă de boală.....126
Factorul uman.....129
La fiecare cinci ani devenim alţii 132
Cirrularitatea ca destin 136
Medicina şi structurile disipative 139

Ştiinţa provoacă filosofia ; distincţia discret-continuu
Pornind de la ipoteza lui Riemann 143
Natura intimă a lucrurilor.....146
Conexiune şi neîntrerupere.....150
Întreg şi parte ; necuantificabilul 154
Mereologia ca generalizare a geometriei . 158
Discretul ştiinţific şi continuul poetic ... 161
Matematica discretă o detronează pe cea continuă ? 165
Discretul algoritmic, după D. E. Knuth . . 168
Ofensiva discretului.....172
Discret, continuu şi iar discret 175

Filosofia provoacă ştiinţa
„Neutralitatea etică" a ştiinţei.....180
Inteligenţele specializate.....183
Provocarea lui Steiner.....185
Provocarea lui Noica.....188
Este filosofia ştiinţei filosofie ? 191
Omul este interacţiunea sa cu lumea . . . 194
Este posibil un Monsieur Jourdain al ştiinţei ? 198
Ce este exactitatea ? 202
Exactitatea şi adevărul în interacţiune . . . 205
Adevăr, sens, valoare.....209

Provocarea energiei
Energie şi timp.....213
Economicul şi tehnologicul în sistemul energetic 217
Fizica şi Economia se provoacă reciproc . . 220
Energie, istorie, cultură.....224

Dincolo de combustibilii fosili 227
Organizare economică şi energie 231
Prin entropie şi informaţie, de la fizică la economie 234
Autoorganizarea şi sistemele departe de echilibru 238
Din gîndirea energetic-entropică românească 243

Provocarea ştiinţelor sociale

Unde începe ştiinţa ?.....247
Intre model şi teorie.....249
Bunge şi Singer despre teorie.....251
Protoştiinţă, ştiinţă, observaţie şi experiment . 253
De ce matematică în ştiinţele sociale ? 255
Matematica şi modelarea socialului 257

Provocarea informaţiei

Să primim, dar să şi producem informaţie . 263
O mărturie personală.....265
Acumulare, selecţie, comprimare 267
Să mărim capacitatea de schimb a revistelor noastre 268
O imensă informaţie vine spre noi numai dacă ne îndreptăm noi spre ui 270
Ştiinţa orală şi contactele directe 271
Informaţie şi creativitate.....272
Două exagerări de sens opus.....274
Elogiul hîrtiei.....276
De la papirus la hîrtie şi de la hîrtie la tipar . 277
De la memoria hîrtiei la memoria calculatorului 279
Două stadii de alfabetizare.....281

Provocarea limbajelor

Distincţia limbă-limbaj.....283
Limbaje umane, limbaje natura'e, limbaje formale 285
Prioritatea limbajului articulat.....

Artificialul ca mijloc de înţelegere a naturalului .....
Gramaticile universale.....
Distincţia natural-artificial.....
Limbaj uman = limbaj natural 1 ... .
Inferioritatea şi privilegiul limbajelor artificiale
Limbaje pentru comunicarea internaţională
Replica lui Freudenthal .....
Limbajele artificiale specializate ....
Universaliile lingvistice.....
Statutul secvenţelor corect formate
Infinitatea.....303
Decalajul dintre competenţă şi performanţă
Semantică aditivă sau integrativă ? Utilizări
dincolo de finalitatea fixată iniţial Prezenţa
fcnomenelci' de ambiguitate .
Dubla articulare.....
Frezenţa unei retorici.....310
Tendinţa spre poeticitate.....310
Posibilitatea autoreferinţei.....312
Imposibilitatea învăţării limbajului înainte de utilizarea sa.....
Limbajul ştiinţei şi judecata publicului
latre Hjelmslev şi Godel.....
Provocarea limbajelor de programare
Lingvistica matematică, azi ...
Forme noi a'.e interferenţei lingvisticii cu matematica.....
Comunicarea umană : un fapt comun şi o enigmă.....
Provocarea istoriei
Matematica şi istoria.....
Istorie şi strategie.....
Intre discursul istoric şi cel de ficţiune
De la Xenopol la Ferdinand de Saussure . 349
Istoria ca serialitate.....354

Istoria ca text.....358

Provocarea indicatorilor sociali

Introducere.....363
Indicatorii sînt semne.....365
O incursiune în semiotică.....367
Indicatorii ca semne indiciale.....371
Indicatorii şi problemele globale.....373
Indicatorii ca semne iconice.....376
Indicatorii ca simboluri.....380
Funcţia simbolică şi contractul social . 382
Cultura — un comerţ cu semne.....383
Indicatorii şi dezvoltarea umană 383
De la indicatori izolaţi la sisteme de indicatori 387
O încercare de sistematizare.....389

Provocarea programelor şi manualelor şcolare

Cum a fost contestat Euclid.....396
Spre o ştiinţă accesibilă celor mulţi . . 399
Cearta „matematicilor moderne" 403
Matematicienii provoacă pe fizicieni . 406
Utilitatea gratuitului 410
Geometrie, nu pleca !.....413
Rene Thom despre rigoare.....417

Provocarea socială şi culturală a matematicii

De la revoluţia ansamblistă la cea computaţională 422
De la prima la a doua revoluţie industrială . 423
Abolirea sau atenuarea unor vechi distincţii 426
Mutaţii în structura proceselor de învăţare . 428
Matematica şi problemele globale ale omenirii . 431
Conştientizarea nevoii de matematică . . 433

Inteligenţa umană şi formarea glndirii matematice .....
437Atenţie la calculator!.....438
Primejdii în folosirea calculatoarelor . 440
Antrenamentul ludic anticipează gîndirea algoritmică 441
Interdisciplinaritatea — strategii şi implicaţii 444
Matematica şi lumea tehnicii.....446
Şansa culturală a matematicii.....4f>l
Cuprinsul în limbi străine.....459

Prefaţă

Ambiguitatea din titlul acestei cărţi este deliberată. Genitivul din *Provocarea ştiinţei* este în acelaşi timp subiectiv şi obiectiv. Mai mult ca oricînd, ştiinţa provoacă şi este provocată. Pe de o parte, ştiinţa a lansat, în secolul nostru, o provocare fără precedent la adresa culturii contemporane şi a întregii societăţi ; pe de altă parte, comanda socială actuală se constituie într-o provocare majoră la adresa ştiinţei.

In secolul trecut, ştiinţa dobîndise un imens prestigiu, aureolat de figuri ca Louis Pasteur, care, prin descoperirea originii microbiene a unor boli, a devenit şi a fost recunoscut ca un binefăcător al omenirii. Secolul nostru, atît de bogat în rezultate ştiinţifice care au revoluţionat cunoaşterea, ar fi trebuit să menţină şi chiar să dezvolte prestigiul dobîndit anterior. Desigur, prestigiul ştiinţei nu a dispărut, dar el ă fost umbrit de o contestare de amploare, ca urmare a folosirii unor descoperiri ştiinţifice în scopuri distructive. Aşa se face că, în secolul nostru, ştiinţa şi-a atras glorie şi ponegrire deopotrivă. Cornelius Castoriadis *(Les carrefours du labyrinthe,* Collection Esprit, Seuil, Paris, 1978, p. 150) pune în legătură directă relaţia einsteiniană $E = mc^2$ (energia este egală cu produsul dintre masă şi pătratul vitezei luminii) cu hecatombele de cadavre de la Hiroshima şi Nagasaki. Tot ştiinţa şi tehnica sînt făcute uneori vinovate de

deteriorarea mediului ambiant, datorită impulsului uneori nemăsurat pe care l-au imprimat proceselor de industrializare, procese care au condus la poluarea aerului şi a apelor. Dintr-un articol publicat în „Comptes Rendus de l'Academie Royale de Belgique" aflăm că la unele confruntări (televizate) între medici şi şarlatani au avut cîştig de cauză cei din urmă. Posibilele manipulări ale ingineriei genetice sînt şi ele o sursă de nelinişte ; pentru a nu mai vorbi de îngrijorarea determinată de imixtiunea calculatoarelor electronice în tot mai multe • domenii de activitate. In unele ţări, noile generaţii nu mai deprind cum se cuvine limba maternă, datorită obsesiei pe care o generează limbajele de calculator. Controversată a devenit şi poziţia socială a gîndirii ştiinţifice în raport cu gîndirea filosofică şi cu cea artistică. Epitetul *ştiinţific* este de multe ori înlocuit cu cel pejorativ de *scientist.*

Nici o discuţie serioasă nu poate eluda faptul că progresele ştiinţei au făcut posibilă autodistrugerea omenirii printr-o catastrofă nucleară. Unii spun : decît aşa, mai bine ne lipseam de ştiinţă. Aceştia uită sau nu înţeleg faptul că, fără un progres corespunzător al ştiinţei, omenirea oricum s-ar sinucide, dacă nu prin război, atunci prin foamete. Nevoile umane ale unei omeniri în explozie demografică se multiplică deocamdată mult mai repede decît posibilităţile de a le satisface. Acest decalaj nu se poate micşora şi lichida fără aportul revoluţiei ştiinţifice şi tehnice contemporane.

Caracterul provocator al relaţiilor actuale dintre ştiinţă şi societate constă în faptul că fiecare dintre ele este silită de cealaltă să spargă tiparele dezvoltării anterioare şi să dobîndească o nouă

inteligenţă şi o nouă organizare. Problemele globale ale omenirii obligă ştiinţa să treacă la abordări interdisciplinare fără de care este de neconceput, de exemplu, depăşirea crizei encrgetice, prin descoperirea şi exploatarea unor noi surse de energie. La rîndul ei, ştiinţa actuală este mult mai complexă decît cea din secolul trecut, pretinde din partea celor care vor să o stăpînească mult mai multă inteligenţă şi cultură decît era nevoie pentru asimilarea ştiinţei clasice. A apărut o nevoie vitală de ameliorare esenţială a proceselor de învăţare, deoarece nu mai este suficient să ne adaptăm la un mediu preexistent ; trebuie să modificăm mediul şi societatea, să ne transformăm şi noi în sensul în care anticipăm că este necesar. Ştiinţa şi învăţarea ei creativă au devenit condiţii de supravieţuire a omenirii.

Copiii de azi *trebuie* deci să fie sau să devină mai inteligenţi decît părinţii lor, dcoarece vor avea de făcut faţă unor situaţii inedite, la cure nu vor putea reacţiona prin simpla copiere a unor atitudini şi procedee anterioare. Profesiile devin tot mai complexe şi se transformă rapid, unele dispar, apar altele noi, nimeni nu poate anticipa cu exactitate evoluţia lor, nici măcar pentru următorii 30 de ani. Ştim însă că noile profesii vor fi puternic marcate de gîndirea ştiinţifică şi tehnologică actuală, confruntată cu o mare varietate de fenomene inteligibile, dar inaccesibile observaţiei directe, cu universul infinitului mic şi cu cel al infinitului mare, cu o logică de multe ori alta decît cea aristotelică, a vieţii curente.

Dar copiii de azi nu numai că trebuie, ci şi *pot* să devină mai inteligenţi decît părinţii lor, deoarece noi nu utilizăm,

deocamdată, decît o mică parte din posibilităţile creierului nostru ; capacitatea omului de a-şi făuri tot felul de proteze fizice sau intelectuale este incomparabil mai mare acum decît anterior iar inteligenţa ştiinţifică şi experienţa socială ale momentului actual sînt net superioare celor din urmă cu 50 d? ani.

Acesta este cadrul general al problemelor discutate în cartea de faţă, pentru care am selectat aspecte caracteristici- ale provocărilor actuale ale ştiinţei. Modalitatea de abordare variază de la exegeză la mărturia unei experienţe personale, de la caracterul expozitiv la cel polemic, de la sinteza însoţită de exemplificări la impresii şi note de lectură. Dincolo de varietatea tematică a capitolelor, interesele noastre în matematica fundamentală şi aplicativă, în studiul limbajelor, al semnificaţiei şi comunicării au impus un numitor comun care, fără îndoială, nu va trece neobservat. Accesul la problematica globală a omenirii ne-a fost considerabil facilitat de colaborarea, timp de zece ani, cu Universitatea Naţiunilor Unite (cu sediul la Tokio), la ale cărei proiecte internaţionale „Obiective, procese şi indicatori de dezvoltare" şi „Aspecte economice ale dezvoltării umane" Universitatea din Bucureşti a contribuit în cadrul unui contract pe care l-am coordonat. Tocmai aceste fapte imprimă cărţii o anumită unitate de viziune.Dacă, în general, problemele abordate sînt ale lumii în care trăim, referinţa specială la situaţia specifică a ţării noastre revine mereu, explicit sau implicit, prilejuind concretizarea firească a unor idei care altfel ar risca să nu-şi dezvăluie sensul exact. De-a lungul unei activităţi de mai multe decenii care ne-a pus în contact cu mii de tineri doritori să se afirme în viaţa

ştiinţifică a ţării noastre şi pe care i-am putut urmări în evoluţia lor profesională, cu toate implicaţiile ei umane şi sociale, am acumulat o experienţă pe care simţim nevoia s-o punem în discuţie, deoarece de modul în care vom orienta formarea ştiinţifică a noilor generaţii depinde esenţial succesul marilor proiecte în care ne-am angajat. „Nu trebuie nici un moment să uităm că vom putea înfăptui obiectivele dezvoltării noastre numai şi numai pe baza celor mai noi cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii în toate domeniile de activitate" spunea tovarăşul Nicolae Ceauşescu la Plenara din 9—10 decembrie 1986 a Comitetului Central al Partidului Comunist Român. Tot cu acel prilej, secretarul general al partidului sublinia faptul că „intrăm într-o etapă nouă de dezvoltare — şi aceasta presupune şi un nou nivel de pregătire profesională, tehnico- ştiinţifică şi culturală".

Sub semnul acestor comandamente majore, provocările ştiinţei şi ale tehnologiei nu pot fi eludate şi nici măcar marginalizate. Ele se află în inima vieţii sociale ; de aceea trebuie înţelese şi controlate

.PROVOCAREA GÎNDIRII AXIOMATICE

De Ia Euclid la Spinoza

Importanţa gîndirii axiomatice rezultă nu numai din rolul ei important în matematica modernă, în învăţămîntul matematic şcolar şi universitar, ci şi din răspîndirea ei în domenii tot mai variate ale cunoaşterii.

Istoria exactă a metodei axiomatice nu este cunoscută. O ipoteză plauzibilă este aceea după care, ca urmare a crizei apărute în legătură cu descoperirea numerelor iraţionale şi a paradoxelor lui Zenon, în matematica greacă s-a simţit nevoia unei fundări mai riguroase a geometriei, nevoie care ar fi putut să culmineze cu metoda axiomatică elaborată de Euclid şi concretizată în *Elementele* sale, scrise cu vreo 300 de ani înaintea erei noastre. Această metodă a fost folosită de Arhimede (287—212 î.e.n.) în fundarea mecanicii teoretice. în Cartea I a tratatului său, Arhimede pleacă de la 7 postulate şi demonstrează 15 propoziţii. Aproape 2 000 de ani mai tîrziu, în secolul al 17-lea, înregistrăm, . în ordine cronologică, două utilizări, devenite celebre, ale metodei axiomatice : *Etica demonstrată în mod geometric* de unul dintre marii iniţiatori ai filosofiei moderne, Baruch Spinoza, şi

Philosophiae natiiralis principia mathematica de Isaac Newton. Este cunoscut faptul că această operă a descoperitorului legii gravitaţiei universale este organizată ca un sistem axiomatic-deductiv, în care legile mişcării apar ca postulate iniţiale. Opera menţionată a lui Spinoza este şi ea organizată după modelul euclidian, aşa cum de altfel sugerează chiar titlul ei. In lucrarea *La Philosophie* coordonată de Franşois Châtelet (Marabout, Verviers, 1979) se face următorul comentariu pe marginea folosirii de către Spinoza a metodei axiomatice (voi. 2, p. 141) : „Adevărul matematic se constituie ca un model al adevărului general : progresia din idei clare în idei clare, deduse din axiome evidente şi din definiţii univoce ; ea îndepărtează în mod necesar orice preocupare străină conţinutului introdus anterior, exclude orice noţiune care nu este direct cerută de premise. Prin aceasta, ea este singura metodă capabilă să degajeze ordinea lucrurilor. Pentru a te feri de prejudecăţi, trebuie să raţionezi în maniera geometrilor : plecînd de la definiţii valabile, nu de la idei generale".

Gîndirea axiomatică în ofensivă

Desigur, am putea urmări în continuare utilizările celebre ale metodei axiomatice. Am putea evoca tratarea axiomatic-deductivă, de către Lagrange, a mecanicii analitice, spre sfîrşitul secolului al 18-lea, pentru ca apoi, din exemplu în exemplu, să ajungem la celebra lucrare a lui L. Bloomfield (A *set of postulates for the*

science of language, Langu- age, voi. 2, 1926, p. 26—31) privind axioma- tizarea lingvisticii şi la faimoasa tentativă de axiomatizare a biologiei, întreprinsă de J. H. Woodger *(The Axiomatic Method in Biology,* Cambridge Univ. Press, 1937), după care am putea trece la relatarea modului în care metoda axiomatică a proliferat în ultimii 50 de ani, necruţînd aproape nici unul dintre domeniile cunoaşterii. Un exemplu semnificativ, care ne-a preocupat în cîteva lucrări, este cel al axiomatizării fonologiei (ramură a lingvisticii care se ocupă de funcţia lingvistică a sunetelor vorbirii), axiomatizare initiată de B. Bloch (A *set of postulates for phoncmic analysis,* Language, voi, 24, 1948, no. 1). Nu au lipsit nici tentativele de axiomatizare a muzicii (P. Barbaud, *La musique, discipline scientifique,* Dunod, Paris, 1968 ; o tentativă mai elaborată este aceea întreprinsă de Anatol Vieru, *Cartea modurilor,* Editura Muzicală, 1980 şi Dan Vuza, într-un ciclu de articole publicate în 1984—1986 în „Revue Roumaine des Mathematiques Pures et Appliquees", cu referire la teoria modurilor muzicale). O tentativă de axiomatizare a poeticii se află în cartea noastră *Poetica matematică* (Editura Academiei, 1970).

în ciuda acestei diversităţi privind exemplele de folosire a metodei axiomatice, trebuie totuşi să observăm că pînă în urmă cu vreo 60 de ani domeniul predilect de folosire a metodei axiomatice l-a constituit geometria. In nici un alt domeniu al cunoaşterii nu a fost gîndirea axiomatică mai mult aprofundată, testată

în toate variantele posibile, ca în geometrie. Aceasta, probabil datorită modului atît de echilibrat în care geometria solicită observaţia şi raţionamentul, intuiţia şi logica, desenul şi silogismul, activitatea empirică şi cea teoretică. S-a discutat mult despre ceea ce reprezintă geometria din punctul de vedere al formării gîndirii, al înţelegerii a ceea ce constituie o teoremă şi o demonstraţie. In această privinţă, probabil că ideile cele mai profunde sînt cele care aparţin lui Rene Thom şi pe care le prezentăm în capitolul „Provocarea programelor şi manualelor şcolare".

Axiomatica, între fizică şi logică

Se poate spune fără exagerare că înţelegerea modernă a axiomelor şi. postulatelor, a metodei axiomatic-deductive a devenit posibilă în primul rînd datorită cercetărilor din domeniul geometriei ; şi pentru că geometria a fost concepută ca o încercare de descriere a spaţiului fizic în care trăim, s-a atribuit axiomelor şi postulatelor geometriei un caracter de necesitate logică. De exemplu, postulatul al cincilea al lui Euclid („postulatul paralelelor") se enunţă, în forma sa autentică, în modul următor : „Dacă o dreaptă intersectînd două alte drepte determină unghiuri interioare de aceeaşi parte de măsură totală mai mică decît două unghiuri drepte, atunci cele două drepte, prelungite indefinit, se întîlnesc în acea parte în care măsura unghiurilor menţionate este mai mică decît două unghiuri drepte".

Proclus (410—485) cerea eliminarea acestui enunţ doar plauzibil, nu şi motivat raţional, în timpul Renaşterii şi ulterior s-

au făcui încercări de obţinere a postulatului paralelelor din alte principii, negeometrice, pur logice. Abia în secolul al XlX-lea, odată cu apariţia geometriilor neeuclidiene, s-a înţeles că postulatul paralelelor nu poate fi obţinut pe cale pur logică din celelalte axiome şi postulate ale geometriei euclidiene. Printr-o substituire adecvată a postulatului paralelelor, cu păstrarea intactă a celorlalte axiome şi postulate, se obţine geometria neeuclidiană — la fel de consistentă ca şi cea euclidiană — descoperită de Lobacevski, Bolyai şi Gauss. In această nouă geometrie, suma unghiurilor unui triunghi este mai mică decît suma a două unghiuri drepte, iar printr-un punct exterior unei drepte se pot duce o infinitate de paralele la dreapta respectivă. In 1854, Riemann a elaborat o altă geometrie neeuclidiană, la fel de consistentă logic, în care toate dreptele sînt de lungime finită iar suma unghiurilor unui triunghi este mai mare decît suma a două unghiuri drepte. în această geometrie, printr-un punct exterior unei drepte nu se poate duce nici o paralelă la dreapta considerată.

A devenit astfel clar că dincolo de geometria ca ştiinţă a spaţiului fizic în care trăim sau a unor extensiuni ale acestuia, se pot concepe şi geometrii formale, construite pur logic. Dar ce relaţie există între cele două tipuri de geometrie? într-o lucrare din 1844, autorul, Grassmann, spune că încearcă o fundare abstractă a doctrinei spaţiului, independentă de orice intuiţie spaţială, ca o disciplină pur matematică, a cărei aplicare la spaţiu conduce la ştiinţa spaţiului ; însă această din urmă ştiinţă, referindu-se la ceva existent în natură, nu este o ramură a matematicii, ci o aplicare

a matematicii la natură. Grassmann lansează astfel conceptul de ştiinţă formală, caracterizată prin faptul că toate principiile ei sînt de natură logică, iar teoremele nu se referă direct la lumea reală, ci la postulatele şi regulile logice adoptate.

O distincţie care nu a rezistat: axiomă-postulat

Nu trebuie să confundăm originea unei discipline sau teorii cu forma la care ea evoluează. Fără îndoială că la origine geometria era o ştiinţă a spaţiului fizic ; dar aceasta nu înseamnă că orice teorie ulterioară elaborată în cadrul geometriei îşi păstrează acest caracter. Pe de altă parte, între logic şi fizic nu se rup legăturile, chiar dacă ele devin uneori foarte indirecte. Trebuie să distingem între matematică şi aplicaţiile ei.

Ca urmare a acestei optici, s-a impus o reexaminare a naturii propoziţiilor iniţiale, nedemonstrate, dintr-o teorie matematică. La Euclid, aceste propoziţii iniţiale sînt grupate în- axiome (=adevăruri evidente) şi postulate (=fapte geometrice atît de simple şi intuitive, încît validitatea lor poate fi acceptată). Spre deosebire de postulate, axiomele transcend geometria. O axiomă euclidiană, de exemplu, este enunţul „întregul este mai mare decît orice parte a sa", în timp ce „O dreaptă poate fi prelungită indefinit" este un postulat. O atare distincţie îşi are originea la Aristotel (secolul al patrulea înaintea erei noastre), care arată că orice ştiinţă demonstrativă trebuie să plece de la principii nedemonstrabile (altfel, numărul etapelor unei demonstraţii ar fi nelimitat), care pot

fi de două feluri : comune tuturor ştiinţelor (axiome) ; specifice unei ştiinţe particulare (postulate). Insă evoluţia ştiinţelor — mai cu seamă evoluţia lor recentă — a pus în evidenţă faptul că unele propoziţii care puteau da impresia unor adevăruri absolute, universale, de exemplu axioma euclidiană „întregul este mai mare decît partea" sînt mai degrabă contingente decît necesare. Axioma în discuţie depinde de sensul pe care-l atribuim lui „mai mare decît". Astăzi ştim ceea ce nu se ştia pe vremea lui Euclid, anume că în ceea ce priveşte mulţimile infinite, dacă interpretăm pe „mai mare decît" în sensul inegalităţii dintre numere cardinale, atunci partea poate fi egală cu întregul (mulţimea numerelor pare are acelaşi număr cardinal ca şi mulţimea numerelor întregi). Iată deci că propoziţii care aveau odată statut de axiomă sînt transferate în rîndul postulatelor, cu alte cuvinte unele propoziţii presupuse necesar adevărate se dovedesc a fi numai contingent adevărate. Propoziţii ca „Partea este mai mică decît întregul" şi postulatul paralelelor, în ciuda diferenţei lor de natură, au cunoscut o evoluţie de statut care, în cele din urmă, a pledat pentru renunţarea la distincţia axiomă-postulat.

O nouă etapă a gîndirii axiomatice

Această etapă este marcată de publicarea de către David Hilbert, în 1099, a lucrării *Grundlagen der Geometrie* (Teubner, Leipzig), reluată apoi, de-a lungul anilor, în numeroase ediţii noi. Hilbert renunţă la termenul de *postulat,* acordînd statut de axiomă oricărei propoziţii iniţiale pe care o adoptă în cadrul convenţiei propuse. Unii termeni de

bază, ca *punct* şi *dreaptă,* sînt adoptaţi fără definiţie. Hilbert face o grupare a axiomelor sale în cinci grupe, dar această clasificare este pur tehnică, neangajînd cu nimic statutul lor relativ privind adevărul şi proprietatea de a fi mai mult sau mai puţin comune.

Un „precursor'' al lui Hilbert, în ceea ce priveşte axiomatizarea geometriei, este M. Pasch *(Vorlesungen uber neuere Geometrie,* Teubner, Leipzig, 1082), care porneşte de la un număr redus de concepte şi propoziţii „nucleare", ce pot fi înţelese şi acceptate pe baza experienţei. Din aceste concepte nedefinite şi propoziţii nedemonstrate se deduc alte propoziţii (teoreme). Baza intuitivă a conceptelor şi propoziţiilor nucleare nu intervine în demonstraţii, acestea din urmă fiind complet independente de semnificaţia conceptelor geometrice şi de eventuale desene. Nu pot fi luate în considerare decît relaţiile specificate în propoziţiile şi definiţiile folosite. In contradicţie numai aparentă cu cele de mai sus, Pasch observă că în procesul de deducţie este folositor şi legitim, dar nu şi necesar să te gîndeşti la semnificaţiile termenilor; dacă însă această condiţie devine necesară pentru succesul de-monstraţiei, atunci, chiar prin aceasta, se dovedeşte slăbiciunea ei

.Pasch observă, în continuare, că dacă o teoremă este dedusă riguros dintr-o colecţie de propoziţii iniţiale (axiome), atunci deducţia respectivă prezintă o semnificaţie care depăşeşte teorema stabilită. într-adevăr, înlocuind, în mulţimea de axiome, termenii geometrici prin alţi termeni, axiomele îşi păstrează valoarea iar deducţia conduce la o nouă teoremă, care diferă de prima prin natura termenilor. Rezultă că printr-o singură demonstraţie obţinem o infinitate de teoreme, deoarece natura termenilor poate fi modificată într-o infinitate de feluri.

O orientare apropiată o are opera lui G. Peano *(I Principii di Geometria, Logicamenta Esposti,* Bocca, Turin, 1889), influenţată de aceea a lui Pasch. Prin Peano se confirmă ideea după care, pe baza unui număr relativ mic de termeni nedefiniţi, pot fi definiţi toţi ceilalţi termeni care intervin în geometrie. Mai precis, Peano consideră o entitate nedefinită, punctul, şi o relaţie nedefinită numită „între" („bet- weenness"). Această ultimă relaţie s-a dovedit a fi fundamentală în multe dintre organizările reuşite ale geometriei, propuse în ultima parte a secolului al 19-lea (apare atît la Pasch cît şi la Hilbert) ; ulterior, O. Veblen (A *system of axioms for geometry,* Transactions of the American Mathematical Society, voi. 5, 1904, p. 343—384) înlocuieşte „între" printr-o relaţie de ordine, J. W. A. Young (*Monographs on Modern Mathematics,* Longmans, Green, New York, 1915) ameliorează axiomatica propusă de Veblen iar Gilbert de B. Robinson *(The Foundations of Geometry,* Univ. of Toronto Press, 1940) a realizat o combinare interesantă a sistemelor axiomatice propuse de Hilbert şi Veblen.

Un popas la geometria lui Riemann

Acest tip de geometrie neeuclidiană, menţionat într-un paragraf anterior, prezintă o importanţă deosebită, fiind folosit în teoria relativităţii. Pentru a da o idee cît mai sugestivă despre geometria lui Riemann, să ne

imaginăm nişte fiinţe plate care locuiesc pe o sferă de dimensiunea planetei noastre. O fiinţă de acest fel considcră, de-a lungul ecuatorului, o lungime AB de un metru. Apoi, la extremităţile acestei linii, ridică două perpendiculare AC şi BD, de asemenea de lungime egală cu un metru. Presupunînd că fiinţele ipotetice considerate au oarecare cunoştinţe de geometrie, ele vor interpreta liniile AC şi BD ca drepte paralele, cu alte cuvinte echidistante oricît ar fi prelungite. Dacă însă vor încerca să testeze experimental această impresie, vor constata că, după zece milioane de prelungiri cu cîte un metru ale liniilor AC şi BD, se ajunge la un punct de intersecţie care este polul nord al sferei. Cu alte cuvinte, interpretând cercurile mari ale sferei ca drepte ale ei, geometria sferică obţinută este lipsită de drepte paralele. Să observăm că această asimilare a cercurilor mari cu dreptele este motivată de faptul că drumul cel mai scurt dintre două puncte ale sferei se măsoară pe cercul mare care le uneşte ; valorificarea practică a acestei observaţii a devenit de mult curentă.

Imaginea de mai sus, oricît ar putoa să pară de extravagantă, are o acoperire ştiinţifică de o importanţă considerabilă. într-adevăr, în cadrul teoriei generale a relativităţii, propusă de Albert Einstein în

1912, s-a demonstrat că oamenii sînt, în Univers, comparabili cu aceste fiinţe plate, aceste furnici imaginare de pe sfera considerată mai sus. Numai că Universul este pentru noi mult mai puţin curbat decît sfera de mai sus pentru „furnicile" de pe ea, într-atît încît geometria euclidiană continuă să convină, fără o eroare importantă, spaţiului uzual. (De exemplu, valoarea numărului pi încetează de a fi exactă. La suprafaţa Pămîn- tului, primele zece cifre zecimale rămîn valabile. Pe Soare, însă, a şaptea cifră zecimală ar fi deja falsă. In toate cazurile, valoarea teoretică este diminuată).

Legătiură tot mai strînsă între geometrie şi experiment

Din cele de mai sus rezultă că universalitatea şi imuabilitatea adevărurilor matematice sînt uneori numai aparente. Nici un spaţiu nu exprimă de o manieră universală percepţia umană. Marcel Boli (*Histoire des Mathematiques,* Presses Universitaires de France, Paris, 1974, p. 111—116), de la care împrumutăm aceste consideraţii, vede în geometria lui Riemann ultimul cui la sicriul spaţiului absolut şi primul cui la sicriul pretinselor entităţi absolute ale fizicii secolului al XlX-lea (a se vedea şi Eric-Temple Bell, *Les grands mathematiciens,* Payot, Paris, 1939).

După apariţia teoriei generale a relativităţii, era de ales între următoarele două posibilităţi :

1° Din respect pentru tradiţie, păstrăm geometria euclidiană, dar sîntem obligaţi să admitem, ca principiu suplimentar, legea gravitaţiei universale a lui Newton (1687).

2° Recunoaştem că spaţiul nostru este rie- mannian. De aici rezultă întreaga geometrie elementară. în plus, deducem inerţia materiei, atracţia universală şi toate excepţiile în raport cu teoria newtoniană. Paul Couderc (La *relativite,* Presses Universitaires de France, Paris, 1940) observă că gravitaţia împiedică spaţiul nostru de a fi euclidian. într-un cîmp gravitaţional, nu numai că nu mai există paralele, dar însăşi noţiunea de linie dreaptă îşi pierde semnificaţia.

Evident, nu există nici o îndoială asupra alegerii celei de a doua variante. După cum observă Leon Brunschvigg (La *physique du vingtieme siecle et la philosophie,* Hermann, 1936), Einstein nu a deschis, ci a închis o criză. Geometria cu trei dimensiuni a devenit prima şi cea mai simplă dintre teoriile fizice (Ferdinand Gonseth, *Les mathematiques et la râalite,* Presses Universitaires de France, 1936).

Secolul nostru marchează deci o legătură din ce în ce mai strânsă între geometrie şi ştiinţele experimentale. Dacă secole de-a rîn- dul, de la Descartes încoace, matematica a adus mari servicii mecanicii şi fizicii, acestea din urmă şi-au plătit la rîndul lor datoria, acţionînd asupra fundamentelor matematicii, sugerîndu-i concepte (ca *vector, tensor, spinor, matrice*) care au generat domenii noi, în timp ce ramuri importante ale fizicii (ca electricitatea sau termodinamica) au căpătat o structură deductivă, luînd ca punct de plecare unele principii experimentale foarte generale.

Copiii şi axiomatica

Fătul că la baza oricărei discipline trebuie să se afle anumite propoziţii care nu se demonstrează este inevitabil. într-adevăr, dacă am cere fiecărui enunţ să fie demonstrat, atunci, tot mergînd înapoi, la enunţurile pe care se bazează demonstraţiile, vom obţine un şir infinit de paşi deductivi anteriori, nici o oprire nefiind posibilă. Singura posibilitate de a fixa o limită acestui proces, deci de a-l reduce la un număr finit de paşi, este de a selecta un număr de propoziţii pe care le acceptăm fără demonstraţie, nu neapărat pentru că prin natura lor ar fi evidente, ci pentru că prin convenţie le considerăm ca propoziţii de plecare (eventual datorită experienţei intuitive pe care ele o cumulează). Metoda axio- matic-deductivă este, din acest punct de vedere, comparabilă cu un joc, unde este absolut necesar să fixăm unele reguli de desfăşurare.

O disciplină nu ajunge la faza axiomatic-deductivă decît într-o etapă de maturitate a ei. La fel, individul uman ajunge la înţelegerea necesităţii unei abordări axiomatic-deductive numai pe măsură ce se maturizează. Copiii acceptă greu un enunţ pe o bază pur convenţională şi au tendinţa de a pune întrebări la nesfîrşit, sub forma unui (potenţial) infinit de *de* ce-uri. Un băieţel de patru ani întreabă pe tatăl său de ce trebuie să se ducă să se culce. Tatăl îi răspunde că are nevoie să se odihnească. Băieţelul întreabă atunci de ce are nevoie să se odihnească. „Pentru ca mîine să fii din nou în stare să te joci cu prietenii tăi", îi răspunde tatăl. „Şi de ce trebuie să mă joc mîine cu prietenii mei ?" întreabă băieţelul. „Pentru că eşti copil", îi replică tatăl. „— Şi de ce sînt copil ?". „Asta este, termină cu întrebările şi du-te la culcare",

răspunde, la limita răbdării, tatăl. Observăm, în acest dialog, tendinţa tatălui de a-şi impune „axioma lui", faptul că un copil trebuie să se joace cu prietenii săi. Desigur, jocul dialogului putea continua, sau lua o altă turnură. Tatăl putea răspunde „Pentru că eşti copil şi un copil trebuie să facă multă mişcare". Dar atunci copilul putea întreba „De ce să fac mişcare cu prietenii mei ?" — „Ca să te oboseşti într-un mod plăcut" putea răspunde tatăl. — „Şi de ce să mă obosesc într-un mod plăcut ?" — „Ca să te poţi duce după aceea să te culci". Dar aici ar fi putut urma exact întrebarea iniţială a copilului, intrîndu-se astfel într-un cerc vicios, deci în riscul de a reface secvenţa iniţială de întrebări şi răspunsuri. Copilul trebuie să se culce pentru că... trebuie să se culce. în cartea *Timpul* (Editura Albatros, 1985, p. 253) am relatat un alt dialog de acest fel, care pune în evidenţă riscul caracterului circular al realizării potenţialului uman. Nu este bună deci calea aceasta ? Poate nu e nici cea mai educativă. La întrebarea copilului „De ce să mă joc mîine cu prietenii mei ?" poate că ar fi trebuit să se răspundă „Pentru că jucîndu-te îţi păstrezi sănătatea şi îţi ascuţi inteligenţa într-un mod plăcut" etc. etc. Alte alegeri, alte axiome, a căror evitare totală nu este posibilă decit cu preţul unor cercuri vicioase. Sînt oare însă aceste cercuri chiar atît de vicioase ? Nu cumva sînt ele, cel puţin uneori, de preferat căii axiomatice ?

Posibilitatea dicţionarelor axiomaticc

Greu de dat un răspuns general valabil la aceste întrebări. Logica sistemică, atît de importantă în viziunea modernă în

ştiinţă, este una a circularităţii, dar a unei circularităţi nevicioase. Dar nu cumva alegem, şi în unele probleme practice, soluţia circulară, nu cea axiomatică ? Să ne gîndim la modul în care sînt alcătuite dicţionarele. Iată, deschid la în- tîmplare *Mic dicţionar enciclopedic,* ediţia a doua (1978), la pagina 291 şi găsesc cuvîntul *detaliu* explicat prin *amănunt.* Deschid la acesta din urmă şi găsesc „element neesenţial al unui obiect, al unui fenomen, al unui eveniment ; detaliu". Circularitatea a şi apărut, dar nu ne deranjează. Cuvintele se explică unele prin altele, fără a lăsa unele dintre ele neexplicate, deoarece limba formează un sistem cu o puternică bază empirică, un sistem care se dezvoltă în cadrul unei experienţe sociale la care participăm. Există, în această ordine de idei, o extraordinară capacitate explicativă pe care o creează contextul. Am studiat această problemă într-un articol, *Semnificaţie de dicţionar şi semnificaţie de context* (în volumul colectiv *Educaţie şi limbaj,* Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972, p. 63—70). O contribuţie interesantă în acest sens aparţine matematicianului şi profesorului Miron Nicolescu (*Probleme du dictionnaire axiomatique,* în „Cahiers de Linguistique Theo- rique et Appliquee" voi. 5, 1968, p. 173—176), după care am publicat un articol în aceeaşi problemă *(Definitions logiques et definitions linguistiques,* în revista „Langages" nr. 19, Paris, 1970, p. 87—91). Explicaţiile date în dicţionare nu sînt definiţii în sensul logic al cuvîntului, de exemplu ele nu respectă exigenţa elementară de a nu se utiliza într-o definiţie chiar termenul de definit. Este adevărat că, de cele mai multe ori, acest caracter circular se manifestă indirect; folosim pe b în definirea lui *a,* pe

c în definirea lui b şi pe *a* în definirea lui c. Această natură indirectă a cir- cularităţii variază, ca grad, de la un cuvînt la altul şi de la un dicţionar la altul. Se poate introduce un indice de circularitate n asociat unui cuvînt *a* şi definit ca cel mai mic număr întreg *n* cu proprietatea că există un şir $\mathbf{X}_0, X_1, \mathbf{X}_2, \ldots, x_n$, de n + 1 termeni, astfel încît $x_0 = a$; x_i este folosit în definirea lui X_j (pentru orice *i* mai mare decît zero şi mai mic sau egal cu n); există un număr întreg *j* nenegativ şi inferior sau egal cu *n,* astfel încît Xj este folosit în definirea lui x_n. Dacă nu există nici un număr n cu această proprietate, convenim să spunem că indicele de circularitate al cuvîntului *a* este infinit.

Ne putem însă întreba dacă este posibil ca indicele de circularitate să fie infinit. Răspunsul este negativ. într-adevăr, să admitem, prin absurd, existenţa unui cuvînt *a* al cărui indice de circularitate este infinit. Aceasta ar însemna ca fiind dat un şir finit de cuvinte $\mathbf{X}_0, x_1, \ldots, x_n$,unde x_0 — *a* şi unde fiecare termen Xi este folosit în definirea lui x_j (pentru i strict cuprins între zero şi n + 1), să nu existe nici un număr întreg *j* nenegativ şi inferior sau egal cu n astfel încît x_j să fie folosit în definirea lui x_n. în particular, aceasta înseamnă că pentru *i* strict inferior lui *k* (unde i şi *k* sînt întregi nenegativi care nu întrec pe n), *x* este diferit de x*, deoarece altfel x< ar fi folosit în definirea cuvîntului x*_j, în ciuda faptului că *i* nu întrece pe k—1, în contradicţie cu ipoteza. Ţinînd seamă de faptul că vocabularul unei limbi este finit — fie m numărul cuvintelor din vocabular — putem alege un n superior lui m şi, în aceste condiţii, şirul $X_0, X_1, \ldots, x_n$ nu va putea evita circularitatea. *Ajungem în acest fel la o concluzie mai precisă decît*

simplul fapt al finitudinii indicelui de circularitate al oricărui cuvint; acest indice nu este numai finit, ci ***şi*** *mărginit, deoarece nu poate intrece numărul cuvintelor din vocabular.*

In absenţa axiomelor, apare circularitatea

Cazul cel mai scandalos este cel al cuvintelor de indice de circularitate egal cu zero. 11 găsim prezent atît în dicţionare ale limbii române cît şi în dicţionare ale altor limbi. Astfel, în *Mic dicţionar enciclopedic* (ediţia 1978) găsim, în dreptul conjuncţiei *de* explicaţia „exprimă raporturi de subordonare", care conţine chiar cuvîntul *de,* însă cu funcţie de prepoziţie. Pe de altă parte, în dreptul prepoziţiei de, găsim, în acelaşi dicţionar, explicaţia : „Introduce un atribut care exprimă natura obiectului determinat, materia... sau elementele constitutive..., raportul de filiaţie..., conţinutul..., apartenenţa..., indică autorul..., subiectul acţiunii... sau obiectul ei..., relaţia..., locul... ; timpul..., provenienţa..., destinaţia...". După cum constatăm, explicaţia prepoziei *de* se prevalează ea însăşi de această prepoziţie. Nu intrăm în analiza acestor situaţii delicate, privind relaţia dintre limbajul-obiect şi metalimbaj, într-un dicţionar. Această formă extremă de circularitate se confundă cu tautologia, deoarece revine la definirea unui cuvînt chiar prin cuvîntul respectiv. Poate vreun erou al lui Caragiale s-o fi practicat.

Sînt destul de frecvente cuvintele de indice de circularitate egal cu unitatea. Un exemplu a fost dat mai sus *(amănunt-detaliu).* Un alt exemplu este dat de Miron

Nicolescu (op. *cit.)* şi se referă la *Petit Larousse illustre,* unde *de* e explicat prin *preposition* iar *preposition* prin „mot invariable qui joint deux autres mots en etablissant un rapport de d£pendance entre eux" (cuvint invariabil care leagă două alte cuvinte, stabilind un raport de dependenţă între ele).

Întuiţia imposibilităţii definiţiilor logice în dicţionare există la unii autori, cum ar fi Alain Rey, coordonatorul celebrului dicţionar RO- BERT al limbii franceze. Acesta scrie (în A *propos de la definition lexicographique,* Cahi- ers de Lexicologie, voi. 6, 1965, no. 1, p. 67— 80) : „...se pare deci că trebuie să tragem concluzia imposibilităţii practice a unei definiţii logice, capabile să grupeze elementele necesare şi suficiente pentru elaborarea unui concept care să poată fi izolat şi asociat de o manieră biunivocă unei anumite unităţi lexicale" (loc. cit., p. 80). Putem construi un dicţionar prin analogie cu teoriile axiomatic-deductive, unde anumiţi termeni sînt adoptaţi fără definiţie (de exemplu cuvîntul *mulţime* în teoria mulţimilor) ? Putem atribui anumitor cuvinte un statut de cuvinte-axiomă ? Un răspuns afirmativ la aceste întrebări conduce la ceea ce Miron Nicolescu a numit „dicţionar axiomatic". Miron Nicolescu demonstrează că într-un dicţionar fără circularitate prezenţa unei mulţimi nevide de cuvinte-axiomă este obligatorie. Cum însă dicţionarele lingvistice obişnuite au ambiţia de a defini toate cuvintele, circularitatea devine inevitabilă.

Plecînd de la o mulţime A_0, de cuvinte-axiomă, se obţin, cu ajutorul cuvintelor din A_0, definiţii ale cuvintelor formînd o mulţime, Ap Apoi, folosind cuvintele din reuniunea lui A_0 cu A_{lt} definim noi cuvinte,

alcătuind o mulţime A_2. Fie *n* cel mai mare număr natural astfel încît mulţimea A„ a cuvintelor definite cu ajutorul cuvintelor din reuniunea mulţimilor A_0, A_h . . . ,^,,- jeste nevidă. Putem considera că mulţimea $\mathbf{A}_Q$ a cuvintelor-axiomă a fost bine aleasă dacă reuniunea mulţimilor *Ai* pentru *i* mergînd de la zero la *n* epuizează cuvintele limbii. în cazul contrar, mulţimea A_0 nu este bine aleasă, deoarece rămîn cuvinte care nu pot fi definite pe baza exclusivă a cuvintelor anterioare. Cu cît numărul cuvintelor rămase nedefinite este mai mare, cu atît este mai inadecvată mulţimea A_0 în rolul de mulţime a cuvintelor-axiomă. Să ne plasăm însă în cazul în care mulţimea Ao a fost bine aleasă. Calitatea mulţimii A_0 poate fi şi ea apreciată după anumiţi parametri. Pe de o parte, este de dorit ca ea să fie cît mai redusă, pe de altă parte, este de dorit ca numărul n al etapelor prin care, pornind de la Ao, epuizăm vocabularul limbii, să fie cît mai mic. Dar aceste deziderate sînt relativ incompatibile, doarece este clar că amplificarea mulţiimii A_0 măreşte posibilitatea reducerii lui n iar reducerea lui Ao micşorează această posibilitate. Unele experimente în acest sens ar fi utile. Cuvintele pot fi clasificate, în raport cu $\mathbf{A_0}$, după gradul lor de complexitate; cuvintele din *At* au gradul de complexitate *i* (este clar că mulţimile A sînt disjuncte două cîte două).

Axiome logice şi axiome lingvistice

Aici trebuie să facem o observaţie. Din punct de vedere strict logic, mulţimile A2, A3,..., *A* sînt vide, vocabularul fiind epuizat de reuniunea lui Ao cu Aj. într-adevăr, dacă

a aparţine lui A_2, atunci *a* poate fi definit cu ajutorul unor cuvinte din reuniunea lui A_0 cuAi. însă cuvintele din A_x pot fi definite cu ajutorul unor cuvinte din A_0; înlocuindule, în definiţia lui *a,* prin definiţiile formulate exclusiv pe baza cuvintelor din A_0, vom obţine o definiţie a lui *a* care foloseşte exclusiv cuvinte din A_0; dar, în aceste condiţii, cuvîntul *a* aparţine lui A_{lt} în contradicţie cu ipoteza apartenenţei sale la A_2. Deci presupunerea că A_2 ar fi nevidă ne-a dus la o contradicţie.

Din punct de vedere lingvistic şi practic, însă, situaţia se prezintă într-un mod cu totul diferit. înlocuirea, în definiţia lui a, a cuvintelor din Ai prin definiţiile lor cu ajutorul cuvintelor-axiomă poate conduce — şi aceasta frecvent — la o frază mult prea lungă, pe care n-o mai putem stăpîni şi înţelege, o frază care are multe şanse să fie agramaticală sau/şi ambiguă, dacă nu chiar lipsită de sens. Fraza astfel obţinută, chiar dacă, în cel mai bun caz, este acceptabilă ca structură, deci din punctul de vedere al competenţei lingvistice, devine incomodă, dacă nu chiar imposibilă sub aspectul performanţei lingvistice.

Ierarhia de mulţimi A_0, A_h ..., A„ are un sens riguros dacă este considerată în raport cu un dicţionar axiomatic de tipul celui preconizat de Miron Nicolescu. Numai că un atare dicţionar nu există încă pentru nici o limbă naturală. Pentru a ne da seama de diferenţa dintre punctul de vedere logic şi cel lingvistic, să considerăm următoarea mulţime de cuvinte ale limbii franceze : A_0*={vegetal, bois, taille, grande, dur, tres, ă, de}.* Avem deci opt cuvinte-axiomă. Cuvîntul *arbre* are atributele definitorii „vegetal, de grande taille''[1], deci aparţine lui A^ în *Le Plus Petit Larousse* cuvîntul *chene* este definit prin „arbre â bois tres dur", deci

chene aparţine lui *A2.* Dacă înlocuim, în această formulare, pe *arbre* prin „vegetal de grande taille" obţinem o formulare care-l aduce pe *chene* în A_{lt} dar cu preţul unei definiţii mai complicate : „vegetal de grande taille, â bois tres dur". în alte cazuri intervin complicaţii mai mari : fie mulţimea de cuvinte-axiomă A_0 = *{tout, organise, vertebre, doue, aquatique, mouvement, sensibilite, ce, de, et, qui, est}.* Cuvîntul *etre* este definit prin „tout ce qui est", deci es află în A_h Cuvîntul *animal* se defineşte prin „tout ce qui est organise, doue de mouvement et de sensibilite", deci se află şi el în Aj. *Poisson* este definit prin „animal vertebre aquatique" deci se află în A_2. îl putem aduce în Aj, dacă înlocuim *animal* prin definiţia sa, dar atunci obţinem „tout ce qui est organise, doue de mouvement et de sensibilite, vertebre aqua- tique", expresie ambiguă, cam agramaticală şi cam incomodă din punctul de vedere al performantei lingvistice. Deci este preferabil să-l păstrăm pe *poisson* în A_2.

Un moment esenţial: alegerea axiomelor

Lingviştii au fost atraşi de această problematică. Autori ca Mário Alinei, Angela Bidu Vrănceanu, Narcisa Forăscu au examinat detaliat semnificaţiile posibile ale unui dicţionar axiomatic şi ale unor eventuale elemente lingvistice cu caracter de axiomă. S-a pus problema dacă axiomele trebuie să fie, în mod obligatoriu, elemente ale lexicului sau ele er putea fi elemente de o natură specială, situate într-un alt plan decît cuvintele ; de exemplu, s-a discutat dacă elementele-axiomă n-ar putea fi anumite trăsături distinctive (eventual cu caracter binar) sau anumite

categorii semantice, sintactice, morfologice sau/şi fonologicc. Dar contribuţia cea mai interesantă pare să fie aceea datorată Giovannei Massariello Merzagora *(La Lessicografia,* Nicola Zanichelli, Bologna, 1982—1983). Această autoare a efectuat un experiment privind circularitatea totală a definiţiilor lexicografice ale substantivelor italieneşti, aşa cum apar ele în *Dizionario Macchina dell' Italiano.* Pentru fiecare substantiv s-a format lanţul corespunzător de definiţii succesive (aşa cum s-a procedat în definirea indicelui de circularitate), lanţul oprindu-se în momentul închiderii cercului. S-a calculat de fiecare dată indicele de circularitate, obţinîn- du-se informaţii interesante privind interacţi- unea dintre diferite nivele lingvistice şi consecinţele fenomenelor de circularitate. întreaga investigaţie a beneficiat de asistenţa unui calculator electronic, asistenţă asigurată de un informatician.

Este clar că, în toate consideraţiile de mai sus, alegerea axiomelor constituie unul dintre momentele cele mai delicate ale demersului. Nici o reţetă nu se poate recomanda în această privinţă. Alegerea este în acelaşi timp foarte liberă, pentru că este practic infinită, dar şi foarte restrictivă, deoarece trebuie să satisfacă o serie de deziderate intuitive şi logice, satisfacere niciodată deplină, asupra căreia revenim mereu în procesul înaintării dinspre axiome spre teoreme. Axiomele sînt testate în diferite feluri şi ameliorate mereu, pe măsură ce înaintăm în domeniul care face obiectul axio- matizării. Caracterul experimental al întregului demers nu poate fi eludat.

Cum se naşte un sistem de axiome

Aşa cum am văzut într-o etapă anterioară, dezvoltarea matematicii în ultima sută de ani a cunoscut o orientare nouă a gîndirii axiomatice, în sensul alegerii axiomelor exclusiv după anumite criterii combinatoriale şi logice, fără referire la eventuala lor semnificaţie fizică, psihologică, socială sau de altă natură. Această atitudine este tipică pentru matematicianul pur. Ea poate conduce şi la exerciţii intelectuale gratuite, sub forma unor jocuri ezoterice. Dar de obicei acest caracter gratuit este numai o aparenţă. Să considerăm, de exemplu, un sistem de axiome cum este acela care defineşte noţiunea algebrică de grup. Acest sistem este rezultatul observării multor formaţiuni algebrice particulare şi a modului în care ele se comportă faţă de anumite operaţii : mulţimea numerelor întregi în raport cu operaţia de adunare ; mulţimea numerelor raţionale în raport cu operaţia de adunare ; mulţimea numerelor reale şi mulţimea numerelor complexe în raport cu adunarea ; mulţimea translaţiilor din plan ; mulţimea deplasărilor în spaţiul euclidian cu trei dimensiuni;
mulţimea rotaţiilor **în** jurul unei axe (acestea trei din urmă, toate în raport cu operaţia de compunere) ; mulţimea polinoamelor peste corpul numerelor reale, în raport cu operaţia de adunare; mulţimea permutărilor unei mulţimi de *n* elemente, în raport cu operaţia de compunere şi multe altele. Examinarea unor situaţii atît de variate conduce la observaţia că, dincolo de eterogenitatea lor, exemplele de mai sus prezintă un numitor comun foarte important, în sensul că toate intră drept cazuri particulare într-un comportament mai general. într-adevăr,

în fiecare exemplu de mai sus este vorba de o mulţime G nevidă înzestrată cu o lege de compoziţie (operaţie) care asociază oricărei perechi ordonate *(x, y)* de elemente din *G* un element unic *xxy* din *G,* astfel încît să fie satisfăcute condiţia do asociativitate (*(xxy)Xz* = xx(yxz) pentru orice *x, y* şi z din G), condiţia de existenţă în G a unui element neutru *e* (exx=xxe = x pentru orice *x* din G) şi condiţia de existenţă a elementului simetric (pentru orice *x* din G există *x'* în G astfel încît *x'xx—xxx'~e).*

Grupul lui Galois

Există, pentru noţiunea de grup, şi alte sisteme de axiome, echivalente cu cel de mai sus. Găsirea acestor sisteme echivalente şi stabilirea teoremelor care decurg din ele au constituit multă vreme obiectul unor cercetări importante. Astfel, se demonstrează că elementul neutru e, a cărui existenţă este afirmată de axioma a doua, este unic determinat în G ; de asemenea, elementul simetric x' al lui *x,* a cărui existenţă este afirmată de axioma a treia, este şi el unic determinat. Construcţia axiomatic-deductivă a teoriei grupurilor este de o deosebită amploare şi profunzime. Ca unul dintre foştii studenţi ai profesorului Dan Barbilian, am beneficiat de cursul de teoria grupurilor al acestuia, curs în care sistemul de axiome ale grupului era studiat sub toate aspectele posibile (economicitate, necontradic- ţie, echivalenţă etc.), iar consecinţele acestui sistem de axiome erau şi ele duse foarte departe.

Este deci clar că a fost nevoie ca experienţa matematică să fie confruntată cu foarte multe situaţii particulare

„izomorfe", privind comportamentul unei mulţimi în raport cu o Operaţie internă, pentru ca să se poată degaja noţiunea de grup. Cel care a degajat conceptul de grup şi a realizat semnificaţia sa fundamentală în studiul ecuaţiilor algebrice este Evariste Galois, născut în 1811 şi decedat în duel la numai 21 de ani. Galois a asociat fiecărei ecuaţii algebrice (adică de forma $P(x) = 0$, unde $P(x)$ este un polinom de grad n, cu coeficienţi reali) un anumit grup de transformări care ulterior a primit numele de *grupul lui Galois cil ecuaţiei.* Teorema lui Galois afirmă, în mod precis, că o ecuaţie algebrică este rezolvabilă prin radicali dacă şi numai dacă grupul asociat este rezolubil (proprietate pe care nu o mai definim aici). Important este faptul că acest grup al lui Galois nu este format din numere, ci din anumite tipuri de transformări. De fapt, anumite grupuri finite, cu elemente numerice, fuseseră studiate anterior lui Galois de către Augustin-Louis Cauchy (1789—1837), care considerase grupuri ale căror elemente erau aplicaţii.

Dacă imposibilitatea rezolvării generale, prin radicali, a ecuaţiilor de grad superior lui 4, adică imposibilitatea exprimării soluţiei generale a unei astfel de ecuaţii prin folosirea unui număr finit de operaţii raţionale şi extrageri de rădăcină aplicate coeficienţilor ecuaţiei, fusese stabilită încă de Niels Henrik Abel în 1826, rezultatul lui Abel este regăsit, pe o cale mai elegantă, de către Galois care, în plus, caracterizează cu ajutorul noţiunii de grup ecuaţiile algebrice rezolvabile prin radicaii. Putem spune că de la Abel pllăm că ecuaţiile algebrice de grad superior lui 4 nu sînt, în general, rezolvabile prin radicali, în timp ce de la Galois nu numai că aflăm din nou acest fapt, pe o cale mai

elegantă, dar înţelegem raţiunea profundă a comportamentului dezvăluit de Abel.

Intre axiomă şi interpretarea ei

Pentru a înţelege mai bine metamorfoza care s-a produs cu sistemele axiomatice în timpurile moderne, să ne referim la ameliorările moderne ale sistemului de axiome al geometriei lui Euclid. Termeni ca *punct* şi *dreaptă* rămîn aici nedefiniţi. Să presupunem că includem, printre axiome, postulatul lui Euclid după care există o dreaptă şi numai una care conţine două puncte date. Deşi *punct* şi *dreaptă* sînt aici folosite independent de semnificaţia lor obişnuită, este greu să facem abstracţie de această semnificaţie. Mai judicios ar fi să spunem *x* şi *y*. în acest caz este imposibil să mai atribuim un sens intuitiv enunţului : Există un *y* şi numai unul care conţine doi *x* daţi. Să presupunem că persoana căreia i se propune acest enunţ are trei copii, Ion, Ana şi Radu, care au format un club cu trei comitete de cîte doi : {Ion, Ana}, {Ion, Radu}, {Ana, Radu}. Cu această imagine în minte, el adoptă următoarea interpretare : *x* este unul oarecare dintre copiii săi iar *y* este unul oarecare dintre cele trei comitete ale lor. Atunci postulatul de mai sus devine : Există un comitet şi numai unul care conţine doi anumiţi dintre cei trei copii, în această interpretare particulară el poate spune că postulatul este adevărat.

Să presupunem acum că mama celor trei copii, care tocmai se pregăteşte să se ducă după nişte cumpărături, imaginează un anumit sistem alcătuit din diferite tipuri de monede şi diferite tipuri de pungi, unele mai mari, altele mai mici, adecvate pentru

păstrarea monedelor. Interpretînd pe *x* ca monedă şi pe *y* ca pungă, ea va fi tentată să interpreteze postulatul de mai sus în felul următor : Există o pungă şi numai una care poate păstra două anumite monede. însă, în această interpretare, postulatul poate deveni fals, deoarece o pungă mică (în care se află, să spunem, monede de 25 de bani) se poate afla închisă într-o pungă mai mare (în care se află, de exemplu, monede de cîte 3 lei). în acest fel, nu mai este adevărat că pentru două monede de cîte 25 de bani există o singură pungă care le conţine. Mai e posibil ca două monede să se afle pe masă ; pentru ele, nu va exista nici o pungă care le conţine.

Toată această discuţie este de natură să arate că pentru un postulat abstract, care conţine termeni nedefiniţi, problema adevărului nu are sens decît în raport cu diferite interpretări posibile ale postulatului respectiv, nu şi în raport cu postulatul ca atare. Axiomele, într-o ştiinţă abstractă, sînt ca regulile într-un joc. Nu are sens să te întrebi dacă, de exemplu, regula de folosire a pionului, la jocul de şah, este adevărată sau falsă.

Această nouă etapă în conceperea sistemelor axiomatice este organic legată de numele marelui matematician german David Hilbert (prima parte a secolului nostru).

Adevărul axiomelor sau al interpretărilor lor ?

Am văzut în discuţia anterioară că, într-un sistem axiomatic abstract, problema adevărului unei axiome nu are sens, deoarece termenii rămîn aici nedeterminaţi, avînd statutul unor

variabile. Numai într-o anumită *interpretare* a sistemului de axiome, problema adevărului capătă sens. Utilizarea variabilelor conferă sistemelor axiomatice moderne o mare generalitate şi, prin aceasta, se realizează o mare *economie de gîndire,* care, în acelaşi timp, pune în evidenţă *izomorfismul* unor situaţii în aparenţă foarte eterogene. Dincolo de varietatea lor, aceste sisteme axiomatic-deductive au aceeaşi structură, constînd din patru componente : termeni nedefiniţi ; axiome privind termenii nedefiniţi ; definiţii în care intervin termenii nedefiniţi ; teoreme deduse din axiome pe baza unor reguli explicit formulate.

Faţă de avantajul de a evita problema spinoasă a adevărului, pe care o transferă diferitelor interpretări posibile, sistemele axiomatic-deductive moderne ar putea să dea impresia că nu mai sînt confruntate cu dificultăţi majore. Dificultăţile însă rămîn, numai că-şi schimbă natura. Pe primul plan trece acum structura logică a sistemului axiomatic- deductiv. Principala cerinţă devine aceea a consistenţei, adică a lipsei de contradicţie; aceasta înseamnă că un sistem de axiome nu poate fi acceptat dacă din ele se pot deduce două teoreme contradictorii, adică două enunţuri de forma *A* şi *non A.* Dar cum se poate controla aceasta ? In general, dintr-un sistem de axiome se pot deduce o infinitate de teoreme, deci niciodată nu avem o listă completă a lor, pentru a verifica, prin confruntare directă, consistenţa. Numai din faptul că, din această infinitate, cunoaştem o mie de teoreme şi că printre acestea nu se află nici o pereche de forma *(A, non A)* nu putem deduce consistenţa sistemului respectiv de axiome.

în faţa acestei dificultăţi, matematicienii au recurs la următorul critcriu practic de consistenţă : Existenţa unei interpretări a termenilor nedefiniţi (adică a variabilelor) pentru care toate axiomele sistemului se transformă în enunţuri adevărate. O interpretare de acest fel constituie, prin definiţie, un *model* al sistemului axiomatic-deductiv considerat. Importanţa modelului constă în faptul că, odată cu transformarea axiomelor în enunţuri adevărate, toate teoremele sistemului devin, în cadrul modelului, enunţuri adevărate. Putem spune că, prin interpretare, o *teorie abstractă* (reprezentată de sistemul axiomatic deductiv) devine o *teorie concretă.* Dar cum explorăm posibilele interpretări ale unui sistem de axiome ? Dacă axiomele sînt desprinse dintr-o situaţie empirică, chiar această situaţie va furniza o interpretare posibilă, prin parcurgerea drumului invers, de la axiome la situaţia empirică sau experimentală. Insă un model empiric nu oferă garanţie pentru generalitatea unui adevăr ; el poate constitui numai o ipoteză, care rămîne însă să fie confirmată printr-un raţionament care-i conferă generalitate.

Necontradicţia relativă

Dar dacă modelele empirice nu pot fi acceptate ca demonstraţii de consistenţă a unui sistem de axiome, nu rămîne decît o singură ieşire : modelul să fie căutat într-un domeniu bine constituit al matematicii, un domeniu care eventual a reprezentat chiar sursa care a sugerat unele dintre axiome. Un exemplu clasic în acest sens este maniera în care s-a căutat să se

stabilească lipsa de contradicţie a unor geometrii neeuclidiene, prin interpretări ale lor în termenii unor părţi adecvate ale geometriei euclidiene, geometrie bine constituită din punct de vedere logic, ca urmare a unei dezvoltări milenare. Un exemplu poate şi mai simplu estg folosirea mulţimii numerelor reale ca model al geometriei unidimensionale, prin intrpretarea punctelor nedefinite ale dreptei ca numere reale ; în acest fel, consistenţa mulţimii numerelor reale devine un test al lipsei de contradicţie a geometriei punctelor dreptei. Postulatele geometriei sînt convertite aici în postulate acceptate şi teoreme valide privind numerele reale. In aceeaşi ordine de idei, geometria analitică a lui Descartes devine un model prin care se stabileşte consistenţa geometriei euclidiene în plan.

în toate exemplele de mai sus este vorba de una şi aceeaşi strategie : problema lipsei de contradicţie este transferată de la sistemul axiomatic-deductiv considerat la un alt sistem axiomatic-deductiv, care ni se pare mai sigur şi care ne este mai familiar. Este vorba de ceea ce se numeşte o demonstraţie de *necon- tradicţie relativă.* Cu alte cuvinte, consistenţa unui sistem axiomatic-deductiv S este condiţionată de consistenţa teoriei din care s-a extras modelul pentru interpretarea sistemului S. Dar această din urmă consistenţă cum a fost ea obţinută ? Este ea mai sigură decît aceea a sistemului S ? Nu cumva şi aici trebuie să acceptăm fără demonstraţie consistenţa cîtorva teorii sau măcar a uneia, exact aşa cum într-un dicţionar axiomatic era necesar să acceptăm ca unii termeni să rămînă nedefiniţi ? Sau sîntem în stare să producem o demonstraţie de *consistenţă absolută* a unor sisteme axiomatic-deductive ? Ne vom ocupa în

mod special de această ultimă întrebare, dar deocamdată este necesar să discutăm şi alte cerinţe privitoare la sistemele axiomatic- deductive.

Independenţa unoii sistem de axiome

Este natural (chiar dacă nu totdeauna imperios necesar) să cerem unui sistem axioma- tic-deductiv să fie *independent,* în sensul că nici una dintre axiome să nu fie o consecinţă (pe baza regulilor sistemului) a celorlalte axiome. Dacă nu controlăm independenţa, atunci riscăm ca printre axiome să se afle unele teoreme. Edna Kramer (*The Nature and Growth of Modern Mathematics,* volumele 1 şi 2, Fawcett Publications, Greenwich, Conn., 1974), pe care o urmăm de mai multe ori în acest itinerar, dă un exemplu din Lewis Carroll, celebrul autor al cărţii *Alice în Ţara Minunilor,* autor care nu este altul decît matematicianul, bine cunoscut în epoca sa, Charles Dodgson (1332—1898). Fie sistemul io;mat din axiomele: (1) Toţi copiii sînt ilogici, (2) Fiinţelor ilogice nu li se pot încredinţa crocodili, (3) Copiilor nu li se pot încredinţa crocodili. Este vizibil că proprietatea de independenţă nu este satisfăcută, (3) fiind o consecinţă a lui (1) şi (2), deci fiind de fapt o teoremă. Multe exemple pot fi găsite în matematică. Astfel, dacă pentru o relaţie de ordine totală r în mulţimea A adoptăm sistemul de axiome : (a) r este reflexivă;
(b) *r* este antisimetrică (dacă *arb* şi *bra,* atunci a = b, pentru brice *a* şi b din A); (c) r este tranzitivă *;* (d) r este totală (adică pentru orice *a* şi b din A avem arb sau *bra),* atunci constatăm că sistemul nu este independent, deoarece (a) este o

consecinţă a lui (d). Insă sistemul obţinut prin eliminarea lui (a) (care s-a dovedit a fi o teoremă) este independent, cum se poate vedea producînd exemple în care avem : (b) si (c) fără (d) ;
(c) şi (d) fără (b) ; (b) şi (d) fără (c). Astfel, luînd în rolul lui A mulţimea părţilor intervalului (0,1) şi interpretînd pe r drept relaţia de incluziune între mulţimi, constatăm că r este antisimetrică şi tranzitivă, dar nu este totală, deoarece există părţi ale lui (0,1) pentru care nici una dintre ele nu este inclusă în cealaltă, de exemplu, intervalele (0,2/3) şi (1/3,1).

Să păstrăm aceeaşi interpretare pentru A şi să definim relaţia binară r prin condiţia : $Br\,C,$ oricare ar fi B şi C incluse în A. Relaţia r astfel definită este evident tranzitivă şi totală, dar nu este antisimetrică ; într-ade- văr, luînd $B =$ (0,1/2) şi C = (1/2,1), avem $B\,r\,C$ şi $C\,r\,B,$ fără ca B şi C să coincidă. Pentru a arăta că tranzitivitata nu este o consecinţă a antisimetriei şi totalităţii, fie A = {a, b, c} şi r definită astfel încît să avem $a\,r\,a,\ a\,r\,b,\ b\,r\,b,\ b\,r\,e,\ e\,r\,a,$ c r $c,$ acestea fiind singurele perechi ordonate care aparţin lui r. Relaţia r este antisimetrică în mod banal, deoarece am avut grijă să definim pe r astfel încît dacă avem $x\,r\,y$ şi x este diferit de y, atunci nu mai avem yrx. Relaţia r este totală, deoarece am avut grijă ca $x\,r\,x$ pentru orice x din A iar dacă nu avem $x\,r\,y$ pentru x diferit de $y,$ atunci obligatoriu avem $y\,r\,x.$ însă relaţia r nu este tranzitivă, cum rezultă din faptul că deşi avem a r b şi bre, nu are loc arc. în acest fel, independenţa sistemului format din cele trei axiome este complet demonstrată.

Cîteva cazuri mai dificile

Există însă situaţii în care problema independenţei unui sistem de axiome s-a dovedit foarte dificilă. Astfel, în raport cu diferite sisteme de axiome ale teoriei mulţimilor (sistem pentru care nici problema necontradicţiei nu a putut fi tranşată) a fost necesar un lung efort pentru a se stabili că axioma alegerii (care afirmă că pentru orice colecţie de mulţimi disjuncte nevide există o mulţime conţinînd exact cîte un element din fiecare mulţime a colecţiei) nu este consecinţă a celorlalte axiome, dar nici negaţia ei nu este o astfel de consecinţă. A apărut astfel un nou tip de propoziţii matematice, numite *propoziţii independente.* O situaţie similară o are ipoteza continuului (care afirmă că nu există nici un număr cardinal strict cuprins între puterea numărabilului şi puterea continuului). După cum bine se ştie, postulatul paralelelor, al lui Euclid, s-a dovedit a avea un statut asemănător. Avem astfel, concomitent eu geometria euclidiană, diferite geometrii neeuclidiene, după cum, concomitent cu o matematică în care se foloseşte axioma alegerii, avem şi o matematică în care este interzisă folosirea acestei axiome.

După cum se poate vedea chiar din exemplele de mai sus, stabilirea independenţei unui sistem de axiome este, chiar în cazurile simple, destul de laborioasă, deoarece necesită producerea unor exemple adecvate. De aceea, uneori este preferabil să lucrăm cu un sistem în care unele axiome sînt consecinţe ale celorlalte, pentru a nu complica prea mult consideraţiile. Astfel, în manualul de geometrie de clasa a Vl-a cazurile de congruenţă a triunghiurilor sînt date sub

forma unor postulate (cu o puternică bază empirică), deşi statutul lor real, în cadrul geometriei lui Euclid, este acela de teoremă ; dar demonstraţiile respective sînt prea complicate pentru a fi adoptate în manualele şcolare. De multe ori, de exemplu în cazul axiomaticii lui Hilbert a geometriei, din 1899, neindependenţa a fost pusă în evidenţă abia ulterior.

Completitudine şi categoricitate

Dacă exigenţa independenţei sistemelor de axiome are la bază nevoia de economie şi de simplicitate, necesitatea de a nu încărca în mod inutil aceste sisteme, există însă, simetrică faţă de cerinţa independenţei, cerinţa de a nu se lucra cu un sistem de axiome prea sărac, prea restrîns faţă de amploarea şi complexitatea domeniului avut în vedere. De exemplu, un sistem de axiome pentru geometria elementară, care n-ar permite să se obţină teorema lui Pitagora ar fi, desigur, un sistem insuficient, incomplet. Există o „demonstraţie" prin care se stabileşte, în geometria elementară, propoziţia *Orice triunghi este isoscel.* „Demonstraţia" implică trasarea unor drepte auxiliare, dar este invalidată deoarece desenul este neglijent executat iar poziţiile unor puncte şi drepte sînt incorecte. Insă dacă aici apar unele deficienţe, ele trebuie atribuite şi lui Euclid, deoarece nu există în sistemul său nici un postulat care să impună punctelor şi dreptelor să aibă poziţiile corecte prevăzute, cu alte cuvinte să înlăture posibilitatea unui desen „greşit".

Se arată că nu se poate deduce din sistemul axiomatic al lui Euclid nici unul dintre următoarele enunţuri

contradictorii : (1) Orice triunghi este isoscel, (2) Nu orice triunghi este isoscel. Aşadar, *sistemul de axiome al lui Euclid este incomplet.* Situaţia sugerează o posibilă definiţie a completitudinii : Un sistem de axiome este *complet* dacă este posibil să se deducă din el, pentru oricare propoziţie p relativă la elemente ale sistemului, fie o demonstraţie a lui p, fie o demonstraţie a negaţiei acestei propoziţii. Dar, *a priori,* cum observă Raymond L. Wilder (*The Foundations of Mathematics,* J. Wiley, New York, 1967) nu există nici un motiv să credem că ar fi posibil, de exemplu, să se găsească un sistem de axiome care să implice *toate* teoremele geometriei plane. Desigur, avem aici în vedere teoremele corecte şi excludem situaţia trivială în care sistemul de axiome ar conţine două enunţuri de tipul *A* şi *non A,* care, prin natura lor contradictorie, ar implica orice enunţ posibil. Problema completitudinii este interesantă numai în cazul sistemelor lipsite de contradicţie.

Un sistem de axiome este complet dacă (păstrînd fixă mulţimea termenilor sistemului) este imposibil să i se adauge o axiomă nouă, independentă. însă dacă ar trebui să testăm, succesiv, fiecare propoziţie posibilă, ar fi imposibil de demonstrat completitudinea unui sistem de axiome, chiar dacă ea are loc; o situaţie similară se întîmplă cu definiţia lipsei de contradicţie, care nici ea nu poate fi testată în sensul explicitării tuturor consecinţelor unui sistem de axiome, pentru a vedea dacă printre ele se află două enunţuri de tipul *A* şi *non A.* Tocmai de aceea am recurs »la un compromis în testarea lipsei de contradicţie, mulţumindu-ne cu existenţa unei interpretări a sistemului de axiome, deci a unui model al său. O soluţie asemănătoare

se adoptă şi în ceea ce priveşte completitudinea, recurgîn- du-se la o proprietate de izomorfism între toate modelele posibile ale unui sistem axio- matic-deductiv.

r." -Jk

Categoricitatea unui sistem de axiome

Ajungem astfel la un alt atribut posibil al unui sistem de axiome, *categoricitatea.* Aceasta constă în faptul că în oricare două modele ale sistemului elementele se află în corespondenţă bijectivă şi toate relaţiile dintre elemente se păstrează. Un exemplu de sistem categoric de axiome este cel propus de Peano pentru mulţimea numerelor naturale : Existenţa în N a unei relaţii de ordine totală faţă de care orice parte nevidă are un prim element ; orice element (exceptînd pe primul) are un predecesor imediat şi nu există un ultim element. Categoricitatea se manifestă aici în modul următor : Fiind date două mulţimi M şi P total ordonate şi satisfăcînd cele trei proprietăţi de mai sus, există o aplicaţie bijectivă j a lui M pe P care păstrează ordinea (adică, dacă *x* precede pe *y* în M, atunci *f(x)* precede pe *f(y)* în P). Cu alte cuvinte, mulţimea numerelor naturale este complet determinată de sistemul de axiome al lui Peano, abstracţie făcînd de un izomorfism de ordine.

Categoricitatea unui sistem de axiome implică proprietatea de completitudine a sistemului. într-adevăr, să presupunem că sistemul S este categoric. Dacă, prin absurd, n-ar fi complet, atunci ar exista un enunţ *A* exprimat în termenii din *S,* astfel încît *A,* adăugată ca o nouă axiomă, este independentă, deci atît sistemul S + A cît şi sistemul S+nonA admit cîte o interpretare, fie ele I şi J. Insă deoarece S

este categoric, există o bijecţie *B* între enunţurile din *I* şi cele din *J,* care păstrează proprietatea de a fi adevărat. însă în acest fel am ajuns la o contradicţie, deoarece enunţul A este corect în interpretarea I, dar fals în interpretarea *J.* Deci S este complet.

Din cele de mai sus rezultă că *sistemul de axiome al lui Giuseppe Peano (1858—1932) pentru mulţimea numerelor naturale este complet.* Am discutat acest sistem cu un alt prilej. Să-l amintim aici într-o altă formă. Termenii nedefiniţi sînt aici *număr natural* şi *succesiv.* Axiomele sînt : (1) 1 este un număr natural; (2) Pentru orice număr natural există un succesor număr natural, unic determinat; (3) Nu există două numere naturale, distincte, dar cu acelaşi succesor ; (4) 1 nu este succesorul nici unui număr natural ; (5) Principiul inducţiei finite : Orice proprietate care aparţine lui 1 şi aparţine succesorului unui număr natural de îndată ce aparţine acestuia din urmă, aparţine *oricărui* număr natural.

O interpretare posibilă a sistemului lui Peano este aceea în care numerele naturale sînt 1, 2, 3, 4,... cunoscute din aritmetica elementară. Peano lasă însă liber sistemul său oricărei alte interpretări, dar două interpretări diferite vor fi totdeauna izomorfe. După cum se vede, axioma a cincea a lui Peano este faimosul principiu al inducţiei complete, care, într-o altă variantă, avea statut de teoremă. în schimb, în acea variantă se adopta axioma după care orice mulţime ne- vidă de numere naturale admite un cel mai mic element, axiomă care, în noua versiune, devine o teoremă, după cum uşor se poate vedea. Apare aici clar faptul că, în *sistemul axiomatic al unei*

discipline, axiomele fundamentale sînt de natură ipotetică.

O axiomatizare a unei părţi a geometriei plane

Vom introduce un sistem axiomatic G con- stînd din doi termeni nedefiniţi : *punct* şi *dreaptă,* şi cinci axiome : (1) Orice dreaptă e o mulţime de puncte. (2) Există cel puţin două puncte. (3) Dacă *p* şi *q* sînt puncte distincte, atunci există o dreaptă şi numai una care le conţine. (4) Dacă *D* este o dreaptă, atunci există un punct care nu aparţine lui D. (5) Dacă *D* este o dreaptă iar *q* este un punct care nu aparţine lui *D,* atunci există o dreaptă şi numai una care conţine punctul *p* şi care nu are nici un punct comun cu *D* (se spune în acest caz că dreapta este *paralelă* cu *D).*

Vom încerca acum să discutăm sistemul G şi eventualele modificări ale sale, în lumina tuturor ideilor anterioare.

Desigur, chiar denumirile de *punct* şi *dreaptă* sugerează interpretarea cea mai naturală a termenilor nedefiniţi. Dar nu putem refuza încercarea altor interpretări, de exemplu *punct* să însemne *carte* iar *dreaptă* să însemne *bibliotecă.* Axioma 1 este verificată. Să ne imaginăm că trăim într-un orăşel care are exact două biblioteci, orice carte aflîndu-se exact în una dintre ele. Axioma 2 este şi ea verificată, la fel sînt verificate axiomele 4 şi 5. Numai axioma 3 este încălcată. Să încercăm acum o altă interpretare a lui G. Fie o comunitate formată din trei persoane *a, b* şi c. Să presupunem că oricare două dintre ele deţin un secret despre a treia persoană (deci *a* şi b deţin un secret relativ la c; b şi c deţin un secret privindu-l pe *a* iar *a* şi c cunosc un secret relativ la

b). în aceste condiţii, fiecare pereche de persoane se constituie într-un club. Să interpretăm *punct* prin. *persoană* iar *dreaptă* prin *club.* Constatăm că primele 4 axiome din *G* sînt verificate, a cincea nu. (Fiind dată o persoană *p* care nu aparţine unui anumit club r, nu există nici un club din care să facă parte *p* şi care să fie disjunct cu r).

Să imaginăm acum o colectivitate formată din patru persoane *a, b, c* şi *d.* Să presupunem că fiecare pereche de persoane se constituie într-un club. Vom avea şase asemenea cluburi. Să menţinem interpretarea precedentă a termenilor nedefiniţi : *punct = persoană, dreaptă = club.* Se verifică uşor că toate cele cinci axiome din G sînt satisfăcute. Abia acum am obţinut o interpretare corectă a lui G.

Folosind primele patru axiome din *G,* se poate demonstra teorema 1 : Orice punct aparţine la cel puţin două drepte distincte, în raport cu colectivitatea de trei persoane organizate în trei cluburi, de mai sus, teorema devine : Orice persoană aparţine la col puţin două cluburi. Cu alte cuvinte, o teoremă într-un sistem axiomatic condensează o infinitate potenţială de teoreme, cîte una pentru fiecare interpretare posibilă a sistemului.

Un *corolar al teoremei 1* este următorul : *Orice dreaptă conţine cel puţin un punct.* înţelegem astfel de ce nu trebuia introdus printre axiome acest fapt esenţial, care a şi fost utilizat mai sus, fără a specifica aceasta. Putem întări corolarul enunţat, cu condiţia de a folosi toate cele cinci axiome din G. Obţinem astfel *teorema 2 : Orice dreaptă conţine cel puţin două puncte.* De aici, ţinîndu-se seamă de axioma 3, rezultă

următorul *corolar la teorema 2: Orice dreaptă este complet determinată de orice două puncte distincte ale ei.* Alte două teoreme deduse din- cele cinci axiome din G şi, prin intermediul lor, din teorema 2, sînt *teorema 3 : Există cel puţin patru puncte distincte* şi *teorema 4 : Există cel puţin şase drepte distincte.*

Mai întii concepte, apoi axiome

în toate demonstraţiile de mai sus, simţim nevoia de a recurge la suportul intuitiv al figurilor geometrice. Este însă esenţial să ne asigurăm că raţionamentul rămîne corect în general, de exemplu folosind monede în loc de puncte şi perechi de monede în loc de drepte. în particular, faţă de interpretarea mai sus adoptată, raţionamentul trebuie să fie validat pentru *orice* colecţie de patru obiecte, unde obiectul corespunde unui punct iar o pereche de obiecte corespunde unei drepte.

Cele cîteva teoreme stabilite mai sus sînt departe de a fi *toate* teoremele posibile în sistemul G. Se poate, de exemplu, arăta că, dacă numărul *punctelor* este finit, atunci, in- terpretînd un punct ca un obiect şi o dreaptă ca o pereche de obiecte, numărul obiectelor nu poate fi orice număr natural mai mare sau egal cu 4 (de exemplu, nu poate fi 5) iar între numărul punctelor şi numărul dreptelor există o anumită relaţie.

Să observăm că în afară de termenii tehnici nedefiniţi, cum au fost, în sistemul G, *punct* şi *dreaptă,* se mai folosesc în formularea axiomelor numeroase alte cuvinte ca *şi, sau, nu, mulţime, distincte, orice, există, aparţine* etc. Este vorba aici de *termeni universali.* Unii dintre ei, cum ar fi conectivele logice *şi, sau, nu* au fost discutate mult de logicieni. Situaţia lui

există a fost şi ea discutată, dar rămîne foarte delicată şi complexă.

După cum s-a putut vedea şi din exemplul privitor la sistemul *G, axiomele sînt enunţuri relative la concepte care au intervenit într-un fel sau altul în exprienţa noastră anterioară.* în mod similar, în măsura în care sîntem familiarizaţi cu domenii ca fizica, chimia, biologia, economia, lingvistica, filosofia sau muzica, putem încerca să formulăm unele axiome pentru ele sau pentru părţi ale lor. O *axiomă va fi ,* în accst caz, *un enunţ care pare să fi e satisfăcut de conceptul pe care îl avem în vedere iar o colecţie de enunţuri de acest fel va putea candida la rolul de sistem axiomatic pentru domeniul respectiv.* Practic, deci, conceptele preced axiomele, deşi, din punct de vedere teoretic, acest lucru nu este necesar. Desigur, ne putem juca, luînd ca termeni nedefiniţi secvenţele *abra* şi *cadabra* şi formulînd, cu ajutorul unor termeni logici universali, unele axiome relative la ele. Insă fără nici un concept în minte, fără un anume sens asociat cu cele două secvenţe, nu avem nici o orientare în alegerea axiomelor. Riscăm chiar să formulăm axiome contradictorii.

De la concepţia tradiţională la cea modernă

Dintre diferitele enunţuri pe care experienţa ni le recomandă relativ la un anumit concept, alegem de obicei ca axiome pe cele care ne dau impresia a avea un rol-cheie. E.L.Wilder compară această operaţie cu aceea a preparării culorilor. Fiind date o colecţie T de culori şi anumite reguli de amestecare a lor în vederea obţinerii unor culori noi, se

selecţionează o colecţie *A* de culori din T care ar putea fi suficiente ca, prin combinare după regulile date, să producă toate culorile din T. Analogia cu sistemele axiomatice apare de îndată ce asociem culorile cu enunţurile şi amestecarea culorilor cu implicaţia logică (deducţia).

O situaţie asemănătoare apare în selectarea termenilor (care, cum am văzut, sînt de două feluri : tehnici şi universali). în raport cu totalitatea T a termenilor tehnici şi cu ajutorul unor reguli de definire a termenilor, urmărim să selectăm din T o parte *A* de termeni (care vor rămîne nedefiniţi) pe baza cărora pot fi definiţi toţi ceilalţi termeni din T. Desigur, în formularea acestor definiţii ne vom prevala şi de termeni universali.

Care este deci geneza unui sistem axiomatic ? Se aleg mai întîi conceptele. Se aleg apoi termenii care urmează să rămînă nedefiniţi şi enunţurile care vor constitui axiomele sistemului. Se trece apoi la demonstrarea teoremelor, activitate care ar putea să necesite introducerea unor noi termeni. însă toate aceste operaţii au caracterul unor tatonări repetate, cu reveniri şi ameliorări succesive. Nu trebuie să confundăm *procesul* cu *rezultatul.*

Prin ce diferă această strategie de cea clasică ? Acolo, axiomele erau privite ca adevăruri absolute şi aveau un caracter de necesitate. înainte de secolul al XlX-lea era de neconceput să se formuleze o axiomă ca : „Dacă *D* este o dreaptă iar p un punct care nu aparţine lui *D,* atunci există cel puţin două drepte distincte care conţin pe *p* şi sînt paralele cu D". A avea concomitent, în matematică, două sisteme axiomatice G şi *H* cu axiome în G care se află în contradicţie cu unele axiome din *H,* cum se întîmplă începînd cu geometriile

neeuclidiene valabile concomitent cu geometria euclidiană, era ceva de neconceput înainte de secolul al XlX-lea. în concepţia actuală, un sistem de axiome este un sistem conceptual ipotetic asupra funcţionării unui anumit domeniu de cercetare. Problemele fundamentale devin aici, aşa cum am văzut, cele relative la lipsa de contradicţie, la completitudine, categoricitate şi independenţă.

Acesta este punctul de la care începe o nouă etapă a rigorii matematice şi a filosofiei matematice. Dezideratele pe care le-am formulat se dovedesc a nu putea fi îndeplinite totdeauna simultan. Lui Kurt Godel îi datorăm acest rezultat major al ştiinţei contemporane, despre care am scris mai detaliat în *Paradoxul* (Editura Albatros, 1984) şi care a contaminat întreaga gindire ştiinţifică, artistică şi filosofică a secolului nostru.

Provocarea Iui Godel

Născută odată cu geometriile neeuclidiene, gîndirea axiomatică modernă a repurtat numeroase succese. Astfel, în secolul trecut, Cauchy şi Weierstrass au reuşit să introducă mai multă rigoare în Analiza matematică. Locul intuiţiei geometrice era tot mai mult luat de raţionament şi de un aparat conceptual neechivoc. Spre sfîrşitul secolului trecut, Peano a axiomatizat construcţia mulţimii numerelor naturale, dînd astfel un statut mai clar raţionamentului prin inducţie completă. Teoria numerelor reale a fost şi ea axiomatizată în diferite versiuni (Cauchy, Cantor, Dedekind, Weierstrass), elucidîndu-se astfel statutul iraţionalelor care provocaseră nelinişte şcolii pitagoreice din Grecia antică.

Teoria mulţimilor, iniţiată de Cantor şi confruntată la început cu unele dificultăţi (paradoxuri şi antinomii) a fost şi ea aşezată, în special în prima parte a secolului nostru, pe un teren mai ferm, prin teoria tipurilor a lui Whitehead şi Russell şi, ulterior, prin axio- matizările propuse de Zermelo, Fraenkel, von Neumann, Bernays şi alţii. Astăzi se vorbeşte chiar de o teorie axiomatică a mulţimilor, opusă „teoriei naive" propuse de Cantor. Hilbert a ridicat la un nou standard de rigoare axiomatica geometriei.

Toate aceste triumfuri ale gîndirii axiomatice creaseră impresia că printr-o alegere adecvată a propoziţiilor de bază ale unei teorii orice dificultate poate fi evitată, orice paradox poate fi îndepărtat. Ii revine lui -Kurt Godel meritul istoric de a fi contrazis aceste aşteptări. Printr-o teoremă stabilită în 1931, acest logician şi matematician a lansat lumii ştiinţifice cea mai revoluţionară provocare a filosofiei matematicii moderne.

Metamatematica

După descoperirea geometriilor neeuclidiene, metoda axiomatică a cunoscut, aşa cum am văzut, o perioadă de deosebită înflorire, atin- gînd forma supremă de abstracţie şi formalizare prin Hilbert, pentru care aspectul ludic al matematicii devenea esenţial : „Matematica este un joc desfăşurat după reguli simple aplicate unor piese a căror semnificaţie nu ne interesează". într-un sistem formal de tip hilbertian avem a face cu o colecţie de simboluri şi o colecţie de

reguli prin care se stabilesc secvenţele corect formate cu aceste simboluri. Unele dintre aceste secvenţe (sau formule) capătă statut de axiome, altele, deduse din axiome prin regulile sistemului, capătă statut de teoreme. Regulile dau deci naştere demonstraţiilor. Deoarece simbolurile sînt lipsite de semnificaţie, manipularea lor capătă o libertate care, necontrolată, ar putea genera unele contradicţii, în afară de cazul în care putem stabili de la început consistenţa (lipsa de contradicţie) întregului sistem formal considerat.

în legătură cu demonstraţiile de consistenţă, Hilbert a introdus ideea de *metamatematica;* este vorba de o preocupare avînd ca obiect studiul sistemelor axiomatice formale pe care tot Hilbert le-a definit. După cum am putut ve-dea în etape anterioare ale expunerii, au fost considerate demonstraţii de consistenţă relativă, în sensul că lipsa de contradicţie a unei teorii este condiţionată de lipsa de contradicţie a altei teorii, fără ca aceasta din urmă să poată fi stabilită. Metamatematica este deci o matematică de ordinul al doilea, o matematică despre matematică. Spre deosebire de enunţurile dintr-un sistem formal, care au un caracter pur sintactic, enunţurile metamatematice sînt dotate cu sens şi au ca obiect natura relaţiilor dintre simbolurile, axiomele, teoremele, regulile de deducţie ale unui sistem formal.

De exemplu, într-un 6istem formal al aritmeticii pot să apară formule de tipul 1 + 1 = 2, 1 + 1 = 3, *y* este superior lui 2, 3 este mai mare decît 2. Meta- matematica relativă la acest sistem formal al aritmeticii va cuprinde enunţuri de tipul : *y* este o variabilă ; 2 este numeral ; formula „3 este mai mare decît 2" se

obţine din formula „y este mai mare decît 2" prin substituirea variabilei *y* cu numeralul 3 ; formula „1 + 1 = 3" *nu* este o teoremă a sistemului formal considerat.

Principala preocupare a metamatematicii este aceea de a stabili dacă un sistem formal considerat este sau nu lipsit de contradicţie. Prin metoda modelelor, a interpretării unui sistem formal, s-a putut obţine în unele cazuri o demonstraţie de necontradicţie relativă. însă problema principală formulată de Hilbert este aceea a găsirii unor demonstraţii de necontradicţie absolută, i

Teorema de incompletitudine

Hilbert, Bernays şi alţi cercetători au putut furniza demonstraţii de necontradicţie absolută pentru unele sisteme formale mai restrînse, de exemplu sistemul formal al aritmeticii aditive (dar *nu* şi multiplicative) a numerelor întregi. Ceva similar s-a realizat pentru sistemul formal al calculului propozi- ţional cu un număr finit de variabile. în aceste condiţii, părea legitim să se spere că se va obţine şi o demonstraţie de necontradicţie absolută pentru întregul sistem formal al aritmeticii (atît aditive cît şi multiplicative). Hilbert a încercat chiar, mai mult şi anume obţinerea unui sistem formal complet şi lipsit de contradicţie pentru întreaga matematică clasică (inclusiv, fireşte, aritmetica). Toate celelalte încercări în acest sens au eşuat. Şi iată că în 1931 un tînăr de 25 de ani, Kurt Cîodel, demonstrează că orice sistem formal lipsit de contradicţie, echivalent cu sistemul formal propus de Russell şi Whitehead în *Principia Ma- thematica* este, în mod necesar, incomplet, mai precis acest sistem nu este capabil să includă întreaga aritmetică ; unele teoreme de aritmetică

vor rămîne în afara sistemului formal considerat. Vor exista deci enunţuri aritmetice adevărate, dar nedemonstrabile în cadrul sistemului formal adoptat.

în mod concret, Godel arată că în raport cu orice sistem formal al aritmeticii există propoziţii nedecidabile, adică propoziţii care, pe baza regulilor de deducţie din cadrul sistemului, nu pot fi nici demonstrate, nici infirmate ; printre aceste propoziţii bizare se află şi propoziţia : *Sistemul formal considerat este lipsit de contradicţie.* Cu alte cuvinte, chestiunea lipsei de contradicţie a unui sistem formal nu poate fi decisă decît ieşind din acel sistem. Această temerară şi neaşteptată „teoremă de incompletitudine" (cum i se mai spune) a lui Godel venea să pună capăt şi să invalideze proiectul lui Hilbert de formalizare necontra- dictorie şi completă a matematicii.

Putem spune că Hilbert a fost aici „victima" propriei sale ideologii formaliste. Dacă adoptăm un joc în care intră şi obligaţia de a întreprinde o examinare exhaustivă a relaţiilor dintre formulele jocului, pentru identificarea eventualelor contradicţii, va trebui să ne limităm la formule *finite* şi la mulţimi *finite* de proprietăţi sau relaţii (în afară de cazul în care ne permitem o inducţie prin procedee „constructive"). Prin tehnici „finitiste" evităm tipul de criză care a apărut în raţionamentele cu mulţimi infinite. Dacă însă sîntem mai curajoşi, putem proceda ca Gerhard Gentzen, care în 1936 a arătat că prin folosirea unor raţionamente mai puţin constructive, cum este aşa-nu- mita inducţie transfinită (generalizare a inducţiei complete obişnuite prin trecerea de la numere ordinale finite la numere ordinale trans- finite), se poate obţine un sistem formal al aritmeticii în acelaşi timp

complet şi lipsit de contradicţie. Dar procedînd astfel, Gentzen se situa în afara a ceea ce este admis într-o demonstraţie finitistă în cadrul formal al aritmeticii.

Paradoxul lui Richard

Rezultatul lui Godel este revoluţionar în sensul negativ, al stabilirii unei limite a gîn- dirii matematice. De o natură asemănătoare este teorema lui Galois privind imposibilitatea rezolvării prin mijloace finite a ecuaţiilor algebrice de grad superior lui 4. însă în timp ce rezultatul lui Galois se referă la un domeniu limitat al matematicii, cel al lui Godel vizează chiar fundamentul gîndirii matematice. Este deci interesant să-l examinăm mai îndeaproape. > [j] .

Demonstraţia lui Godel este revoluţionară nu numai prin rezultat, ci şi prin metodă. Ideea demonstraţiei se sprijină pe un faimos paradox logic, de un tip formulat de Jules Richard în 1903. Iată în ce constă acest paradox. Să pre- supunem că dorim să facem o listă a pro- prietăţilor numerelor întregi, de tipul : nu- măr prim, număr impar, pătrat perfect, multiplu de 7 etc. Ne trebuie un criteriu de ordonare a acestor proprietăţi. Deoarece fiecare definiţie a unei proprietăţi de acest fel are o lungime reprezentată de numărul de cuvinte folosite (fiecare cuvînt fiind numărat de atî- tea ori de cîte ori apare) şi fiecare cuvînt este alcătuit dintr-un număr finit de litere, putem asocia fiecărei definiţii numărul de litere folosite. Vom ordona definiţiile în ordinea cres- cîndă a numărului de litere asociat, avînd grijă ca, pentru definiţii care folosesc acelaşi număr de litere, să adoptăm ordonarea lor lexico- grafică. In lista astfel alcătuită, fiecare

proprietate P va primi un număr de ordine *n(P).*
Dacă *n(P)* nu are proprietatea *P,* vom spune că n(P) este un număr ri-chardian ; în cazul contrar el este nerichardian. De exemplu, dacă se va întîmpla ca numărul 87 să fie asociat proprietăţii de a fi prim vom considera că numărul 87 este richardian (el este, cum uşor se vede, divizibil prin 3).
Să observăm însă că, procedînd astfel, am definit o nouă posibilă proprietate a unui număr întreg, aceea de a fi richardian ; cum am promis că fiecărei proprietăţi îi asociem un număr natural, urmează să asociem un atare număr, fie el n, şi proprietăţii de a fi richardian. Deoarece numerele naturale au fost repartizate în două clase, richardiene şi ne- richardiene, este legitimă întrebarea : este sau nu este n un număr richardian ? Dacă răspunsul ar fi afirmativ, atunci n ar fi richardian, deci lipsit de proprietatea căreia i s-a asociat ; însă această proprietate constă tocmai în a fi richardian, deci n nu este richardian. Dacă, dimpotrivă, răspunsul este negativ, deci n nu este richardian, atunci el posedă proprietatea căreia îi corespunde, aceea de a fi richardian. Cu alte cuvinte, dacă n este richardian atunci el nu este richardian şi reciproc. Este astfel încălcat un principiu de bază al logicii, principiul

necontradicţiei. Sîntem în faţa unei antinomii

.Să încercăm să înţelegem ce anume s-a întîmplat. Obsşrvăm că proprietatea de a fi richardian capătă sens numai după ce s-a considerat lista tuturor proprietăţilor posibile de numere întregi ; prin aceasta, ea este nu o proprietate în cadrul aritmeticii numerelor întregi, ci o proprietate metamatematică, relativă la ansamblul aritmeticii numerelor întregi. De altfel, în definirea ei au intervenit şi alte elemente metamatematice, cum ar fi numărul de litere într-o definiţie. Tocmai în această eludare a naturii speciale a proprietăţii de a fi richardian, în această identificare a limbajului obiect ™nsi»tuit de aritmetica numerelor întregi cu metalimbajul folosit în cercetarea limbajului obiect îşi are originea antinomia lui Richard. Vom regăsi o situaţie similară în demonstraţia lui Godel.

Numărătoarea Godel

In tentativa sa de investigare a sistemului formal al aritmeticii, Godel se afla într-o situaţie similară aceleia din paradoxul lui Richard, deci pîndit de aceleaşi primejdii. Aceasta ar fi însemnat să-şi aritmetizeze enunţurile sale metamatematice, traducîndu-le în formule aritmetice care de fapt aparţin limbajului obiect studiat, cel al aritmeticii. Pentru a evita această situaţie paradoxală, Godel construieşte un sistem formal pentru teoria elementară a numerelor, adică pentru aritmetica superioară a numerelor întregi. Apoi imaginează un procedeu (altul decît cel lexicografic, utilizat în paradoxul lui

Richard) prin care realizează o corespondenţă bijectivă între mulţimea entităţilor care apar în sistemul formal al aritmeticii şi o anumită mulţime de numere naturale. Această corespondenţă a devenit celebră în logică sub numele de numărătoarea Godel iar numărul asociat, prin această numărătoare, unei anumite entităţi se numeşte *numărul Godel* al entităţii respective. Astfel, fiecărui simbol din sistemul formal, fiecărei axiome, teoreme sau demonstraţii, în general fiecărei secvenţe corect alcătuite de simboluri i se asociază un număr Godel .Este uşor de înţeles că mulţimea numerelor Godel este infinită. Am descris numărătoarea lui Godel în lucrarea noastră *Paradoxul* (Editura Albatros, 1984, p. 74—75), dar o vom relua aici pentru a o compara cu numărătoarea propusă de Richard. Simbolurile logice de bază primesc cifre de la 2 la 8, anume lui zero i se asociază 2, funcţiei succesor (care asociază lui *x* pe 1) i se asociază 3, negaţiei îi corespunde 4, implicaţiei 5, parantezei stingi 6, parantezei drepte 7 iar egalităţii 8. De aici mai departe se folosesc numerele prime rămase disponibile. Diferitele puteri întregi pozitive ale lui 11 codifică variabilele individuale. Puterile succesive ale lui 13 codifică predicatele de ordinul întîi, iar puterile succesive ale lui 17 codifică predicatele de ordinul al doilea ş.a.m.d. Pe baza acestei codificări, orice formulă relativă la numere întregi se poate reprezenta sub forma unui şir de numere, asociind fiecărui simbol din formulă numărul care-i corespunde. Astfel, de exemplu, formulei *(x)F(x),* unde prin *x* s-a notat prima variabilă numerică iar prin F primul predicat de ordinul întîi, îi

corespunde şirul 6, 11, 7, 13, 6, 11, 7. Putem simplifica această corespondenţă asociind fiecărei formule nu un şir de numere, ci un singur număr. In acest scop, considerăm mai întîi şirul numerelor prime 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17... Atribuim lui 2 un exponent egal cu primul termen al şirului asociat formulei considerate ; lui 3, un exponent egal cu al doilea termen din acelaşi şir ; lui 5, un exponent egal cu al treilea termen ş.a.m.d. Facem apoi produsul numerelor astfel obţinute. Rezultă că formulei *fx)F(x)* i se asociază numărul 2^6. 3^{11}. 5^7. 7^{13}. II^6. 13^{11}. 17^7, care primeşte numele de *numărul lui Godel al formulei.*

Şi totuşi, paradoxul nu poate fi evifat

Am indicat astfel un algoritm care asociază fiecărei formule numărul Godel. Mai mult decît atît, considerînd un număr natural la întîmplare, putem determina tot algoritmic dacă el este un număr Godel şi, în cazul afirmativ, putem găsi această formulă unic determinată. într-adevăr, orice număr natural admite o descompunere unică în factori primi ;
în funcţie de valorile exponenţilor cu care apar aceşti factori, decidem răspunsurile la întrebările care se pun. De exemplu, deoarece o paranteză care se deschide trebuie să se şi închidă, prezenţa, la unul dintre factorii primi, a exponentului 6 asociată cu absenţa exponentului 7 la toţi factorii primi următori ne arată că numărul considerat nu este un număr Godel.

Numărul Godel al unui şir de formule va fi obţinut acum din numerele Godel ale termenilor şirului prin acelaşi procedeu prin care numărul Godel al unei formule a

fost obţinut din numerele asociate simbolurilor care alcătuiesc formula. Deoarece o demonstraţie într-un sistem formal este un şir de formule, rezultă că oricărei demonstraţii îi va corespunde un număr. în acest fel, diferitele enunţuri relative la formalizarea aritmeticii devin enunţuri relative la numere naturale, deci enunţuri care aparţin aritmeticii. Şi astfel, metalimbajul aritmeticii se vede constrîns să se suprapună pe limbajul ei obiect.

Numărătoarea lui Godel aplică sistemul formal al aritmeticii (şi implicit o parte din sistemul construit în *Principia Mathematica* a lui Russell şi Whitehead) pe o parte strictă a mulţimii numerelor naturale. Enunţurile metamatematice relative la acest sistem sînt „oglindite" în enunţuri aritmetice. Apare astfel şi deosebirea dintre procedeul lui Godel şi cel al lui Richard, dintre numărătoarea Godel şi numărătoarea Richard. La Godel, asociem numere naturale unor simboluri şi enunţuri matematice, mai precis aritmetice, unor formule sau secvenţe de formule aritmetice care numai prin conţinutul lor intuitiv sau prin interpretare devin enunţuri metamatematice ; în schimb, la Richard asociem *nemijlocit* numere naturale unor enunţuri metamatematice. Aşa cum am văzut, important în numărătoarea Godel nu este numai faptul că orice şir de formule devine codificai pflntr-un număr natural, ci şi faptul că acest număr individualizează şirul respectiv de formule. Un rol esenţial din punct de vedere tehnic îl are aici, aşa cum am arătat, ideea folosirii numerelor prime. Noţiunea de număr prim se dovedeşte a fi şi din acest punct de vedere una dintre cărămizile gîndirii umane. Este greu să ne imaginăm o civilizaţie existentă în univers care să nu fi intrat în posesia

ideii de număr prim. Numerele lui Richard individualizează şi ele secvenţele cu care se asociază, în sensul că unui număr natural îi corespunde cel mult un şir de simboluri. Dar, spre deosebire de procedeul lui Godel, care permite regăsirea secvenţei de formule exclusiv prin analiza proprietăţilor aritmetice ale numărului considerat şi a unui cod foarte simplu, în orice caz finit, procedeul lui Richard face nerelevantă structura aritmetică a acestui număr, obligîndu-ne la folosirea unui cod practic infinit.

în ciuda superiorităţii ei, codificarea lui Godel nu poate evita joncţiunea dintre metalimbaj şi limbajul obiect. Metamatematica devine inevitabil matematică.

O formalizare necontradictorie este incompletă

De aici mai departe, cititorul care se simte apt de a urmări o demonstraţie mai tehnică poate consulta lucrarea citată *Paradoxul,* p. 76. Vom prefera aici o alternativă la această cale, o discuţie informală care urmăreşte ideile lui Godel, aşa cum sînt ele prezentate în lucrarea sa originală, din 1931. La un moment dat, în partea introductivă a lucrării sale, Godel, afirmă că metoda sa este aplicabilă *oricărui* sistem formal în care se defineşte noţiunea de „formulă demonstrabilă" şi în care orice formulă demonstrabilă este adevărată. Distincţia dintre *demonstrabil* şi *adevărat* trebuie înţeleasă în sensul următor. Prima dintre aceste proprietăţi se referă la ceea ce se poate deduce în interiorul sistemului formal, pe baza regulilor din sistem, a doua proprietate are în vedere relaţia cu exteriorul sistemului, fiind asociată cu o anumită interpretare,

cu un anumit model; ea se situează la nivel metamatematic.

In cazul paradoxului lui Richard, avem un şir de definiţii asociat cu un şir de numere naturale. O definiţie poate fi interpretată ca o propoziţie deschisă de tipul „x este ...", unde domeniul lui x este mulţimea numerelor Întregi. Fiecărui număr natural *k* i se asociază, în principiu, o propoziţie deschisă „x este...". Pentru a testa dacă *k* este richardian, controlăm propoziţia „fc este..." obţinută prin înlocuirea lui *x* prin *k.* Dacă se obţine o propoziţie falsă, *k* este richardian. Dar propoziţiei „x este richardian" i se asociază la rîndul ei un număr natural, fie el n. Substituind lui *x* pe n obţinem „n este richardian" şi urmează situaţia paradoxală, antinomică despre care am discutat într-un paragraf anterior.

Procedeul lui Godel este aproximativ asemănător celui de mai sus. Pentru a scoate mai bine în evidenţă această analogie, vom folosi sugestia lui Edna E. Kramer (*The nature and groicth of modern mathematics,* voi. 2, Fawcett, Greenwich, Connecticut, 1974, p. 451), pe care-l urmăm de mai multe ori în consideraţiile de faţă. Vom înlocui epitetul *richardian* prin cel mai sugestiv de *dezagreabil.* Vom conveni deci că un număr Godel este dezagreabil dacă şi numai dacă despre el *nu se poate demonstra* că posedă proprietatea căreia i se asociază. Mai precis, Godel consideră numai acele formule din sistemul său care sînt propoziţii deschise de o singură variabilă x, unde domeniul lui x este mulţimea numerelor Godel. Propoziţiile deschise de acest tip pot fi ordonate într-un şir, în ordinea crescătoare a numerelor Godel asociate. Mulţimea numerelor Godel este partiţionată în două mulţimi T şi *V,* prima

formată cu numerele Godel dezagreabile iar cea de a doua cu celelalte numere Godel. Să considerăm acum propoziţia deschisă *„x* este dezagreabil (deci aparţine lui T)" şi fie *n* numărul ei Godel. Procedînd exact ca în paradoxul lui Richard, să substituim lui *x* pe *n* în propoziţia deschisă considerată. Obţinem propoziţia „n aparţine lui T", cu alte cuvinte „n este dezagreabil". în onoarea lui Godel, să notăm această propoziţie cu G. *Dacă G ar fi demonstrabilă* în cadrul sistemului, atunci ea ar fi adevărată, iar validitatea ei ar implica tocmai faptul că n este dezagreabil. Dar chiar prin modul în care am definit proprietatea de a fi dezagreabil, aceasta ar însemna că propoziţia obţinută prin înlocuirea lui *x* cu n în propoziţia deschisă asociată lui *n,* deci *propoziţia G însăşi ar fi nedemonstrabilă.* Constatăm astfel că ipoteza demonstrabilităţii lui G implică nedemonstrabilitatea lui G ; contradicţia obţinută arată că ipoteza este falsă. *Să presupunem atunci că negaţia lui G,* fie ea *non G,* adică propoziţia „n nu aparţine lui T" *este demonstrabilă,* deci, adevărată. Aceasta înseamnă că *n* aparţine mulţimii V. Cu alte cuvinte, numărul Godel *n* nu este dezagreabil iar substituirea lui în formula căreia i se asociază *conduce la o propoziţie demonstrabilă ; dar se vede uşor că această propoziţie este tocmai G.* Constatăm astfel din nou o contradicţie ; din ipoteza că negaţia lui G este demonstrabilă am dedus că G însăşi este demonstrabilă. Această încălcare a principiului logic al necontradicţiei ne arată că nici presupunerea că negaţia lui G este demonstrabilă nu poate fi acceptată.

Concluzia este clară : dacă vrem ca sistemul formal al aritmeticii să nu fie contradictoriu, atunci nici propoziţia G

nici negaţia ei *non G* nu sînt demonstrabile în cadrul sistemului.
Despre o astfel de propoziţie se spune că este indecidabilă în cadrul sistemului formal considerat. Dar aceasta înseamnă tocmai incom- pletitudinea sistemului formal al aritmeticii.

Analogia cu paradoxul mincinosului

Urmărind ideile lui Godel, am constatat că în miezul consideraţiilor sale se află o anumită propoziţie, pe care am notat-o, în onoarea sa, cu *G* şi care de fapt afirmă ceva despre ea însăşi, anume faptul că G nu este demonstrabilă. Analogia cu faimosul paradox al mincinosului (Cînd afirm *Mint cînd spun că mint,* spun adevărul sau mint ? Dacă spun adevărul, atunci... mint, iar dacă mint, atunci spun adevărul) este inevitabilă. în ambele cazuri este vorba de o propoziţie autoreferen- ţială. Totuşi, G nu este o propoziţie circulară, deoarece în demonstraţie ca atare *G* afirmă nedemonstrabilitatea unei formule bine determinate, anume aceea care se obţine prin efectuarea unei substituţii permisibile, într-o anumită formulă, a lui *x* cu *n.* Numai *ulterior* se constată că formula rezultată este însăşi *G.* în legătură cu acest fapt, Godel a afirmat că Russell şi Whitehead s-au înşelat atunci cînd au crezut că pot evita paradoxul mincinosului prin interzicerea propoziţiilor autoreferenţiale. Godel observă că este posibil să se construiască, pentru orice proprietate metamatematică avînd un corespondent simbolic în sistemul său formal, o propoziţie care afirmă despre ea însăşi că are această proprietate.

Faptul că am discutat ideile lui Godel în contextul paradoxelor lui Richard şi al min-

cinosului nu trebuie considerat mai important decît este el în realitate. Alte antinomii similare puteau servi drept termen de referinţă. Dar structura antinomică este esenţială în demonstraţia lui Godel.

Un alt aspect important al ideilor lui Godel se referă la faptul că, deoarece din punct de vedere metamatematic, G afirmă propria ei nedemonstrabilitate, G este *adevărată* tocmai datorită faptului că este nedemonstrabilă (în fapt, nedecidabilă). Cu alte cuvinte, nederi- dabilă în interiorul sistemului formal al lui Godel, propoziţia G poate fi totuşi decisă dacă recurgem la argumente metamatematice.

Imposibilitatea unei demonstraţii de necontradicţie absolută

In discuţia relativă la completitudinea unui sistem formal, s-a remarcat faptul că indeci- dabilitatea unei propoziţii poate fi înlăturată prin adăugarea unor axiome noi. De exemplu, putem adăuga drept o nouă axiomă fie propoziţia indecidabilă, fie negaţia ei .în cazul în care ne interesează aici, G ar deveni deci- dabilă de îndată ce s-ar adăuga, ca o nouă axiomă, fie G, fie negaţia lui G. Procedînd astfel, să notăm cu G_0 axioma adăugată. Faţă de noul sistem de axiome, obţinut prin adăugarea lui G_0, demonstraţia lui Godel va conduce la o nouă formulă indecidabilă, care ar putea fi adăugată — ea sau negaţia ei — s-o notăm cu Gj. Procesul poate fi continuat indefinit, obţinîndu-se un şir G_0, Gj, G_2, G3,... de axiome care, adăugat sistemului iniţial de axiome, nu va fi totuşi capabil să-i confere proprietatea de completitudine. Sistemul formal pus în evidenţă de Godel este esenţial incomplet.

Aşadar, Godel a demonstrat că orice sistem formal „finitistic" şi necontradictoriu conţine obligatoriu o formulă F indecidabilă. Enunţul metamatematic *Sistemul este necontradictoriu* este asociat unei formule C din interiorul sistemului. Apoi se demonstrează validitatea implicaţiei *Dacă F nu este demonstrabilă, atunci C nu este demonstrabilă,* tnsă propoziţia
F *nu este demonstrabilă* este adevărată deoarece este indecidabilă ; rezultă că şi propoziţia *C nu este demonstrabilă* este adevărată. Se constată astfel că desi sistemul formal este necontradictoriu, această proprietate de necontradicţie nu poate fi stabilită în interiorul sistemului.

Nu se pot deci asigura fundamente finitiste matematicii decît acceptîndu-se criza care rezultă din teorema de incompletitudine a lui Godel şi din corolarul ei, imposibilitatea unor demonstraţii de necontradicţie absolută.

O maşină Godel

Recent (P. T. Geach, *Logic matters,* Univer- sity of California Press, Berkeley, 1980 şi Raymond M. Smullyan, recenzie la cartea de mai sus, în „The Mathematical Intelligencer", voi. 3, 1981, no. 3, p. 39—40), gîndirea lui Godel a fost ilustrată cu ajutorul unor mecanisme ipotetice care facilitează accesul la antinomiile godeliene, conferind întregului demers un caracter ludic.

Să presupunem că avem o maşină care poate imprima pe o bandă diferite secvenţe finite formate eu ajutorul a patru simboluri fundamentale, notate *P, N, R* şi Cu alte cuvinte, avem un vocabular *A* format din patru elemente şi o colecţie de

şiruri finite pe acest vocabular (un acelaşi element din vocabular putînd să apară de mai multe ori într-un şir), şiruri numite *fraze admise.* O frază este admisă dacă poate fi imprimată de maşină. Mulţimea frazelor admise constituie un limbaj L pe vocabularul *A.* Numim enunţ orice frază avînd una dintre formele : (1) P*X ; *(2) NP*X* ; (3) *PR*X* ; (4) *NPR*X,* unde *X* este o frază (nu neapărat din L) pe vocabularul *A,* adică un şir finit pe *A.* Enunţul (1) este evaluat ca *adevărat* dacă *A* este în *L* ; enunţul (2) este *adevărat* dacă X nu **se** află în *L* (litera *N* avertizează asupra negaţiei), enunţul (3) este *adevărat* dacă XX se află în *L* (litera *R* ne avertizează aici asupra repetării lui X); enunţul (4) este adevărat dacă XX nu **se** află în L. Am delimitat astfel de o manieră precisă enunţurile adevărate.

Să observăm acum că maşina de mai sus pune în evidenţă o interesantă buclă. Maşina imprimă diferite enunţuri care se referă la ceea ce maşina poate sau nu poate imprima. Caracterul autoreferenţial este evident. Să admitem că maşina nu imprimă decît enunţuri adevărate (cu alte cuvinte, dacă o frază admisă este un enunţ, atunci acest enunţ este obligatoriu adevărat). Există cumva un enunţ adevărat care nu este o frază admisă (deci nu poate fi imprimat de maşină) ? In cazul în care răspunsul este afirmativ, ne aflăm în prezenţa unui fenomen de incompletitudine, constînd în existenţa unui enunţ adevărat, dar nedemonstrabil, adică neimprimabil de către maşină. (Maşina joacă aici rolul sistemului formal al lui Godel). Vom arăta că răspunsul este afirmativ. într-adevăr, conform regulii de adevăr pentru enunţurile de tipul (4), luînd în rolul lui X pe Â/PJÎ*, rezultă că fraza

NPR^NPR* este adevărată exact atunci cînd ea nu este imprimabilă.

Un sistem formal mai general

Construcţia de mai sus se asociază cu o teoremă abstractă de tip Godel, pe care o vom prezenta în cele ce urmează.

Să considerăm un sistem constînd dintr-o mulţime de elemente numite *expresii.* Anumite expresii sînt numite *enunţuri,* anumite enunţuri sînt considerate *adevărate* iar anumite enunţuri adevărate sînt considerate *demonstrabile* (în cadrul sistemului). Să considerăm de asemenea o funcţie / care asociază fiecărei perechi ordonate *(X, Y)* de expresii o expresie *f(X, Y)* notată prescurtat *X(Y).* Expresia X este considerată un *predicat* dacă, pentru orice expresie *Y,* expresia *X(Y)* este un enunţ. Două enunţuri sînt considerate *echivalente* dacă ele sînt amîndouă adevărate sau amîndouă false.

Putem acum trece la prezentarea formei abstracte, anunţate mai sus, a teoremei lui Godel. în acest scop, vom introduce trei condiţii $G_{1(}$ G_2 şi G3 (G în onoarea lui Godel). *Condiţia* Gj *:* Există un predicat P astfel încît pentru orice expresie X enunţul *P(X)* este adevărat dacă şi numai dacă X este un enunţ demonstrabil. *Condiţia* G_2 : Pentru orice predicat *H* există un predicat *H'* astfel încît, oricare ar fi expresia X, enunţul *H'(X)* este adevărat exact atunci cînd enunţul *H(X)* nu este adevărat. *Condiţia* G3 : Fiind dat un predicat *H,* există un predicat *H #* cu proprietatea că, oricare ar fi expresia X, enunţul *H # (X)* este echivalent cu enunţul *H(X(X)).*

Pentru a se înţelege semnificaţia şi importanţa condiţiilor $G_{1(}$ G_2, şi G3,

trebuie să observăm că pentru orice 'astem formal în care s-a aplicat un raţionament de tip Godel, conducînd la enunţuri adevărate, dar nedemonstrabile în cadrul sistemului, s-a putut găsi o funcţie *f* satisfăcînd condiţiile Gj, G_2 şi G3. Anume, dacă X este o formulă *F(x)* cu variabila liberă *x,* atunci *X(Y)* este enunţul *F(n),* unde n este numărul Godel al lui Y ; dacă X nu este o atare formulă, atunci *X(Y)* poate fi ales arbitrar.

Exerciţiul ludic al condiţiilor Gj, G_2 şi G_3 este deosebit de instructiv. Să presupunem, de exemplu, că mulţimea expresiilor este nu- mărabilă, iar predicatele sînt aşezate într-un şir Hj, H_2,..., H,... astfel încît sînt satisfăcute următoarele trei condiţii : (1) enunţul H^X) este adevărat dacă şi numai dacă X este un enunţ demonstrabil; (2) enunţul H_{3n} *(X)* este adevărat dacă şi numai dacă *H„(X)* nu este adevărat; (3) enunţul H_{3n+1}*(X)* este echivalent cu enunţul $H_n(X(X))$ (*n* este peste tot un număr natural arbitrar iar X este o expresie arbitrară a sistemului). Se pune problema de a se găsi numere naturale *a, b* (eventual egale) astfel încît enunţul H_a (H_h) este adevărat, dar nedemonstrabil în cadrul sistemului. După cum vom vedea mai jos, există o infinitate de soluţii, la cel puţin două dintre ele numerele *a* şi *b* fiind mai mici decît 100.

O teoremă abstractă de tip Godel

Să trecem acum la varianta abstractă de tipul teoremei lui Godel. Această variantă afirmă că *în orice sistem formal care satisface condiţiile* G_{lt} G_2 şi G3 *există un enunţ adevărat,* dar nedemonstrabil în cadrul sistemului.

Pentru demonstraţie, fie un predicat P de tipul aceluia din definiţia condiţiei Gj ; fie P' un predicat asociat cu P în modul specificat în enunţul condiţiei G_2 şi fie P' # predicatul asociat cu predicatul P* în modul specificat în enunţul condiţei G3. în aceste condiţii, oricare ar fi expresia X, enunţul *P'#(X)* este adevărat dacă şi numai dacă enunţul *X(X)* nu este demonstrabil (deoarece *P'#(X)* este echivalent cu *P'(X(X)),* care este adevărat dacă şi numai dacă *X(X)* nu este demonstrabil). Luînd X egal cu P'#, obţinem că enunţul *P' # (P' #)* este adevărat, dacă şi numai dacă *P' # (P' #)* este nedemonstrabil. Deoarece orice enunţ demonstrabil este adevărat rezultă că enunţul *P' # (P' #)* trebuie să fie adevărat, dar nedemonstrabil în cadrul sistemului. Teorema este astfel demonstrată.

Acum putem da răspunsul la problema formulată la sfîrşitul paragrafului anterior. Este suficient să luăm, în demonstraţia de mai sus, în rolul lui P pe H_6, în rolul lui P' pe H_{18}, in rolul lui P' # pe /i_{55} (deoarece 55=3.18+1); se constată imediat că enunţul adevărat $H_{55}(H_{55})$ nu este demonstrabil în cadrul sistemului.

Un alt mod de a demonstra teorema enunţată la începutul acestui paragraf se obţine plecînd de la predicatul *P,* apoi considerîndu-se un predicat P # asociat cu P aşa cum prevede condiţia G3, după cum urmează să considerăm un predicat *(P #)'* asociat cu Pf aşa cum prevede condiţia G_2. Enunţul *(JP *)' (P #)')* este adevărat, dar nedemonstrabil în cadrul sistemului, după cum se poate verifica uşor.

Aplicînd ultimul procedeu de demonstraţie la problema formulată la sfîrşitul paragrafului anterior, se obţine

enunţul adevărat dar nedemonstrabil Hv(Hv). Alte enunţuri de acest fel sînt de forma $H_n(H_n)$, unde n este fie produsul dintre 55 şi o putere oarecare a lui 9, fie produsul dintre 57 şi o putere oarecare a lui 9. Se confirmă astfel faptul, deja anunţat, al existenţei unei infinităţi de enunţuri adevărate, dar nedemonstrabile.

O dilemă privind enunţurile adevărate, dar nedemonstrabile

Să presupunem acum că, în condiţiile de mai sus şi, în mod special, în enunţul teoremei din paragraful anterior, înlocuim condiţia G_3 din ipoteză prin următoarea condiţie M3 : Fiind date două predicate Hi şi există un predicat H astfel încît, oricare ar fi X, enunţul $H(X)$ este echivalent cu enunţul HifHrfXfX)). In sistemul astfel modificat, teorema din paragraful anterior continuă să funcţioneze; de îndată ce condiţiile Gi, G_2 şi M_3 sînt satisfăcute, există un enunţ adevărat, dar nedemonstrabil. Numai că, după cum Yom arăta, acest enunţ nu poate fi precizat, în sensul că pot fi identificate două enunţuri pentru care se arată că cel puţin unul dintre ele trebuie să fie adevărat, dar nedemonstrabil în cadrul sistemului, fără să se poată preciza care anume dintre cele două enunţuri se află în această situaţie. Să urmărim cum se ajunge la acest, rezultat.

Fie P un predicat de tipul considerat în condiţia Gj şi fie P' un predicat de tipul considerat în condiţia G_2. Vom considera acum condiţia M3, în care, în rolurile predicatelor H_l şi H_2, vom lua predicatele P şi, respectiv, P'. Conform condiţiei M3, va

exista un predicat *H* astfel încît, oricare ar fi X, *H(X)* este adevărat dacă şi numai dacă *P(P'(X(X))* este adevărat; dar această din urmă condiţie are loc exact atunci cînd *P'(X(X))* este demonstrabil. Luînd acum pe *H* în rolul lui X, rezultă că *H(H)* este adevărat dacă şi numai dacă *P'(H(H))* este demonstrabil. Notînd cu $S_?$ enunţul H(H), Sj este adevărat dacă şi numai dacă *P'(Si)* este demonstrabil. Totodată, *P'fSrf* este adevărat dacă şi numai dacă Sj nu este demonstrabil. Notînd cu S_2 enunţul *P'(Si)* obţinem două enunţuri Si şi S_2, astfel încît Si este adevărat dacă şi numai dacă S_2 este demonstrabil iar S_2 este adevărat dacă şi numai dacă Si nu este demonstrabil. Să presupunem acum că Si este adevărat. Rezultă că S_2 este demonstrabil, deci adevărat, fapt care obligă pe Si să fie nedemonstrabil. Aşadar, dacă Si este adevărat, atunci S1 nu este demonstrabil iar dacă Si nu este adevărat atunci din nou Si nu este demonstrabil. Rezultă că, în orice caz, Sj nu este demonstrabil, deci S_2 este adevărat. Dacă Si este adevărat, atunci el este enunţul căutat (deoarece, în orice caz, este nedemonstrabil); dacă Sj nu este adevărat, atunci S_2 este nedemonstrabil, deci adevărat şi nedemonstrabil, cu alte cuvinte S_2 este enunţul căutat. Dilema la care am ajuns este clară : sîntem siguri că cel puţin unul dintre enunţurile Si şi S_2 este adevărat şi nedemonstrabil, clar nu sîntem capabili să precizăm care anume dintre ele se află în această situaţie.

O pereche bizară de enunţuri

Există, în raport cu maşina Godel prezentată într-un paragraf anterior, două enunţuri X şi y, astfel jncît **X** afirmă că Y este im- primabil, iar Y afirmă că **X** nu este im- primabil. Să luăm în rolul lui Y enunţul NP/?*P*A/Pi?* iar în rolul lui X enunţul P*Y=P*iVPJ?*P*A/Pi?*. Pe de o parte, X afirmă că Y este imprimabil (a se vedea modul de evaluare a enunţurilor de tipul (1)); pe de altă parte, Y afirmă că repetarea lui P^NPR^ (repetare care nu este altceva decît enunţul **X)** nu este un enunţ imprimabil (a se vedea modul de evaluare a enunţurilor de tipul **(4)).** Rezultă că dacă **X** este adevărat, atunci Y este imprimabil, deci adevărat, deci X este neimprimabil. Dacă Y este adevărat, atunci **X** este neimprimabil ; în aceste condiţii, sau **X** este adevărat, deci adevărat şi neimprimabil, sau **X** nu este adevărat, deci Y nu este imprimabil, deci Y este adevărat şi neimprimabil. In concluzie, cel puţin unul dintre enunţurile X şi Y este adevărat şi neimprimabil, dar nu putem preciza care anume dintre ele.

O dilemă similară se obţine luînd X = = *PR * NP * PR* * şi Y = *NP* * **X.**

R. M. Smullyan *(The lady or the tiger ? and other logical puzzles,* Alfred A. Knopf, Inc. 1982), a arătat că maşinile Godel de tipul descris mai sus se află confruntate cu o dilemă şi mai generală, care poate fi formulată în modul următor : pentru orice număr natural *n* se pot construi *n* enunţuri dintre care cel puţin unul este adevărat, dar neimprimabil, fără însă a se putea preciza care anume dintre enunţuri se află în această situaţie.

în încheiere, este necesară o lămurire privind notaţiile utilizate. Dacă notaţiile *P, R* şi *N* au o motivaţie naturală, PX exprimînd proprietatea maşinii de a putea

imprima pe X, *R* semnificînd repetarea iar *N* negarea, ce rol a avut simbolul stea * ? Folosirea acestui simbol este de natură să evite posibile ambiguităţi. De exemplu, o notaţie ca *NPR* ar putea să însemne tot atît de bine faptul că *RN* este imprimabil sau că repetarea lui *N,* adică *NN,* este imprimabilă. O atare ambiguitate este evitată prin folosirea simbolului

Proceduri de decizie

în lumina dificultăţilor puse în evidenţă de Godel, este clar că nu se poate pune problema dezvoltării întregii matematici pe baza unui singur sistem formal, complet şi lipsit de contradicţie. La fel de himerică apare perspectiva dezvoltării unui singur sistem de axiome pentru întreaga matematică. în aceste condiţii, ne mulţumim cu realizări mai modeste, căutînd să construim sisteme formale pentru diferite părţi ale matematicii, să axiomatizITm diferite părţi ale algebrei sau geometriei. Aceste încercări au fost numeroase şi interesante. Ele pot fi repartizate în două clase, după cum sînt sau nu tutelate de teoreme de tip godelian. Astfel, sistemul formal al aritmeticii se află în prima clasă, în timp ce sistemul formal al calculului propoziţional se află în a doua clasă. O axiomatizare a calculului propoziţional se află în *Principia Mathematica* a lui Whitehead şi Russell, unde pe baza a cinci formule de bază (axiome) se deduc alte formule (numite teoreme). Ulterior s-a dezvoltat o altă abordare a calculului propoziţional, pe baza aşa-numitelor tabele de adevăr. Cele două metode sînt echivalente. O formulă validă, oricare ar fi valorile de adevăr ale propoziţiilor pe care le conţine, este o

tautologie. Calculul propoziţional este complet, în sensul că orice tautologie este demonstrabilă sau în sensul (echivalent) că dacă se adaugă sistemului o formulă nedemonstrabilă pe baza axiomelor, atunci sistemul devine contradictoriu.

Fiind dată o colecţie C de formule într-o teorie *T, o problemă de decizie* pentru C în *T* constă în a găsi o procedură efectivă prin care, fiind dată o formulă oarecare, putem decide într-un număr finit de etape dacă ea se află sau nu în C. O atare procedură, dacă există, constituie o *metodă de decizie* sau o *procedură de decizie* pentru C. De exemplu, pentru colecţia *A* a enunţurilor adevărate de forma *p şi q sînt numere prime între ele* din teoria elementară a numerelor întregi, algoritmul lui Euclid privind stabilirea celui mai mare divizor comun a două numere furnizează o procedură de decizie.

însă cazul cel mai interesant, în ordinea de idei discutată aici, este cel în care colecţia C este alcătuită din toate enunţurile demonstrabile într-un sistem formal dat T. Problema de decizie revine aici la găsirea unei proceduri prin care să se poată decide, într-un număr finit de paşi, dacă un enunţ oarecare este sau nu demonstrabil prin metodele din T. Dacă o atare procedură există, ea constituie o procedură de decizie pentru *T,* iar problema existenţei unei proceduri de acest fel este numită problema de decizie pentru T. O teorie *T* pentru care această procedură există se numeşte *decidabilă;* în cazul contrar, *T* este *nedecidabilă.*

Teorii decidabile şi teorii, nedecidabile

Dar este ideea de procedură efectivă, preconizată mai sus, suficient de precisă, de riguroasă, pentru a nu da naştere la echivo- curi ? Cercetări îndelungate efectuate, înce- pînd cu deceniul al treilea al secolului nostru, au condus la cîteva idei de procedură efectivă, constructivă, care pînă la urmă s-au dovedit a fi echivalente şi care au făcut obiectul a diferite teorii : teoria recursivităţii generale (Herbrand-Godel), teoria definibilităţii lambda (Church-Kleene), teoria calculabilităţii (Post- Turing), teoria algoritmilor normali (Markov).

Există teorii nedecidablie ? Nu numai că există, dar cele mai multe teorii se află în această situaţie. In 1936, A. Church a demonstrat, folosind noţiunea de definibilitate lambda, absenţa unor proceduri de decizie pentru o clasă largă de sisteme formale. De exemplu, nu există nici o procedură de decizie pentru axiomatica aritmeticii lui Peano. Nu există o atare procedură nici pentru aşa-numitul sistem Z propus de D. Hilbert şi P. Bernays *(Grundlagen der Mathematik*, voi. I, **1934 ;** voi. II, 1939, Springer, Berlin) pentru formalizarea aritmeticii numerelor întregi ; dacă ar exista o procedură de decizie pentru sistemul *Z,* atunci s-ar putea rezolva faimoasa problemă a lui Fermat, problema lui Goldbach privind reprezentarea oricărui număr par ca sumă a două numere prime şi problema infinităţii numerelor prime gemene (două numere prime sînt gemene dacă diferă prin 2). B. Rosser a arătat, în 1936, că aritmetica lui Peano este esenţial

nedecidabilă, în sensul că orice extensiune necontradictorie a acestei aritmetici este nedecidabilă. Calculul predicatelor de primul ordin este nedecidabil. Teoria numerelor raţionale, teoria generală a inelelor, teoria grupurilor (şi semigrupurilor) ca şi multe compartimente ale teoriei mulţimilor şi topologiei sînt toate nedecidabile

.Există teorii decidabile ? Există, dar mai puţine decît cele nedecidabile. Aşa-numitul sistem D propus de Hilbert şi Bernays (op. *cit.,* voi. I, p. 357) pentru numerele naturale, aritmetica oricărui cîmp finit, aritmetica mulţimii numerelor reale, aritmetica mulţimii numerelor complexe, teoria grupurilor comutative şi teoria corpurilor algebrice închise sînt exemple de teorii decidabile. Orice sistem formal complet este decidabil.

PROVOCAREA FIZICII

Provocarea Einstein-Podolsky-Rosen

Sînt 50 de ani de cînd Albert Einstein, Boris Podolsky şi Nathan Rosen au adresat fizicii, întregii ştiinţe, o provocare devenită celebră şi care nu încetează să se afle în centrul atenţiei cercetătorilor. Rezultatul

lor este cunoscut sub numele *experimentul EPR* (după iniţialele autorilor), *argumentul EPR* sau *paradoxul EPR* (A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, *Can Quantum Mechanical description of reality be considered complete ?,* in Physical Review, voi. 47, 1935). Nu este vorba de un experiment în laborator, ci de unul gîndit, iar matematica îşi are aici partea ei deloc neglijabilă. Autorii menţionaţi consideră un sistem format din două particule aflate în interacţiune, care după un timp sînt separate. Ei arată că dacă predicţiile Mecanicii cuantice sînt corecte, atunci, măsurînd starea primei particule, determinăm şi starea celei de a doua, deşi, prin separarea lor, interacţiunea fizică dintre ele nu mai este posibilă. Orice modificare în spinul uneia dintre particule afectează simultan cealaltă particulă, în ciuda separării lor.

Rezultatul a fost primit cu stupoare. Cum „află" cea de a doua particulă despre schimbarea care o afectează pe cea dintîi, în condiţiile în care ele au fost separate ? Trimite prima un semnal energetic celci de a doua ? O atare „călătorie" ar cere un anumit timp, fapt incompatibil cu simultaneitatea schimbării lor.

Pentru a înţelege semnificaţia acestui rezultat, trebuie să evocăm întregul context ştiinţific al anului 1935. Teoria cuantică era deja, la acest moment, bine închegată, aducînd tot mai mult în atenţie ideea că realitatea nu poate fi înţeleasă decît în cadrul unei viziuni probabilist-statistice ; aceasta înseamnă că nici o predicţie nu este posibilă asupra unui eveniment subatomic luat izolat, ci numai asupra unei mulţimi cît mai numeroase de evenimente de acest fel. Einstein părea

contrariat şi nemulţumit de această situaţie. Teoria specială a relativităţii îşi cîştigase un imens prestigiu, rezistînd la toate testele experimentale. Era în consecinţă greu de renunţat la vreunul dintre principiile acestei teorii. Insă paradoxul EPR cerea totuşi o atare renunţare, deoarece o schimbare instantanee în cele două particule nu putea fi acceptată decît în ipoteza că semnalul care circulă între ele are o viteză superioară vitezei luminii. Sacrificăm teoria specială a relativităţii pentru a putea salva Mecanica cuantică (MC) ? Sau acceptăm că imaginea pe care o furnizează mecanica cuantică despre realitate este incompletă ?

Karl R. Popper *(A realist view of the Einstein-Podolsky-Rosen experiment,* comunicare la al VH-lea Congres internaţional de logică, metodologie şi filosofia ştiinţei, Salz- burg, Austria, 11—16 iulie 1983), în corespondenţă cu Einstein, pe care l-a întîlnit apoi personal în 1950, rămînînd în contact cu el, aduce în această privinţă o mărturie interesantă, din care desprindem în cele ce urmează punctele mai importante.

în 1950, Einstein avea concepţii strict deterministe ; el credea atunci într-un Univers unitar cu patru dimensiuni. Ulterior, Insă, şi-a revizuit ideile. Wolfgang Pauli, **în** două scrisori (din 31.111.1954 şi 15.IV.1954) accentuează că ideile lui Einstein erau atunci nu ale unui „determinist", ci ale unui „realist". Popper consideră că Maxwell, Boltzmann, Einstein, Gibbs şi de Broglie sînt fondatorii fizicii statistice. Dar ei nu au abandonat dintr-o dată subiectivismul lui Laplace,

după care fizica ar recurge la ideea de probabilitate numai datorită cunoştinţelor insuficiente de care dispunem. De exemplu, Einstein a abandonat acest subiectivism abia în 1950, iar fondatorii MC au persistat şi ei multă vreme în această idee, care a marcat puternic subiectivismul lor.

Einstein admitea, ca explicaţie ştiinţifică, atît legile deterministe, cit şi pe cele statistice ; dar aceasta abia în ultima parte a vieţii sale. El admira MO, dar nu accepta teza lui Bohr şi Heisenberg după care Mecanica cuantică ar fi ultimul cuvînt posibil în fizică (Heisenberg ar fi susţinut că principiul nedeterminării marchează limita pînă la care putem investiga, nemaipermiţînd o rafinare ulterioară a observaţiilor noastre). Cu această teză polemiza experimentul EPR, punînd sub semnul întrebării completitudinea MO, pe care o accepta ca o teorie statistică, dar o refuza în interpretarea Bohr-Heisenberg. Popper atrage atenţia că Einstein nu a afirmat niciodată că MO implică posibilitatea acţiunii la distanţă, ci numai că interpretarea de către Bohr a acestei mecanici implică o atare acţiune nelocală. Dat fiind însă că mai toată lumea a acceptat interpretarea lui Bohr, experimentul EPR a fost considerat în sensul că MC ar implica acţiunea la distanţă (implicaţie pe care Einstein n-o accepta). De altfel, membrii şcolii de la Copenhaga nu au crezut cu adevărat într-o atare acţiune.

Argumentul lui Einstein se baza pe incertitudinea poziţiei şi momentului unei particule; argumentul EPR polemiza cu ideea după care aşa-numitul dualism particulă-undă trebuie interpretat în

sensul că particulele nu posedă poziţii şi momente, ci numai *dobîndesc* poziţii atunci cînd măsurăm poziţiile lor, după cum *dobîndesc* momente atunci _ cînd măsurăm momente.

Popper atrage atenţia asupra modificării — să-i spunem EPRB — propuse de David Bohm la argumentul EPR. Iniţial, MC susţinea că dacă măsurăm poziţia, modificăm momentul (nu şi poziţia), şi reciproc. Se ştia însă că dacă se măsoară polarizarea este influenţată chiar starea de polarizare. în versiunea EPRB a lui Bohm pentru argumentul EPR, poziţia şi momentul sînt înlocuite prin polarizare. Popper este de părere că, testate experimental, EPR şi EPRB ar putea da rezultate foarte diferite. Să mai amintim că şi Popper a propus o versiune a paradoxului EPR, pe care o bănuie mult mai uşor testabilă experimental decît versiunea EPRB.

Teorema lui Bell

Interesul pentru argumentul Einstein-Podolsky-Rosen a crescut considerabil în urmă cu peste 20 de ani, cînd John S. Bell (On *the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox,* Physics, voi. 1, 1964, p. 195—200) obţine un rezultat teoretic pe care profesorul de fizică Henry Stapp de la Universitatea din Berkeley, California, nu a ezitat a-l considera cea mai importantă descoperire din istoria ştiinţei. Este vorba de o teoremă exprimată sub forma unor inegalităţi matematice care permit să se testeze experimental, de o manieră precisă şi riguroasă, ideile cele mai generale privind cauzalitatea locală şi separabilitatea. Relativ recent, J. S. Bell a avut prilejul de a reconsidera întreaga problemă *(Bertlmann's Socks and the*

Nature of Reality, Invited address to the mceting of philosophers and physicists, Fondation Hugot du College de France, Paris, 1900, publicalion du CERN-TH 2926, 1980) iar Bernard d'Espagnat a consacrat implicaţiilor teoremei lui Bell un articol important *(The Quantum Theory and Reality*, Scientific American, voi, 241, 1979, no. 5, p. 128—140) şi apoi o întreagă carte (A *la Recherche du Reel,* Gauthier-Villars, Paris, 1981). Despre ce este vorba ?

Să presupunem că doi experimentatori, separaţi în spaţiul-timp, aleg în mod independent unul de altul condiţiile propriei lor experienţe. în conformitate cu ideile de cauzalitate locală şi de separabilitate, rezultatele obţinute de către unul dintre experimentatori ar trebui să fie complet independente de rezultatele obţinute de celălalt experimentator. Dezideratul firesc al obiectivităţii ştiinţifice pare să impună absenţa oricărei conexiuni nelocale. Totuşi, teorema lui Bell afirmă că predicţiile mecanicii cuantice (MC) sînt ire- ccnciliabile cu independenţa rezultatelor celor doi experimentatori.

Prima confirmare experimentală a teoremei lui Bell a fost obţinută în 1972 de către profesorul John Clauser de la Universitatea din Berkeley. Henry P. Stapp (*Correlation Kxperiments and the Nonvalidity of Ordinary Ideas About the Physical World*, Physical Rewiew, D3, 1971, p. 1303) descrie semnificaţia teoremei lui Bell în modul următor : „Dacă predicţiile statistice ale teoriei cuantice sînt adevărate, atunci ideea existenţei unui univers obiectiv este incompatibilă cu legea cauzelor locale".

Faţă de formularea de mai sus, ca şi faţă de multe altele pe care le considerăm în

acest itinerar, trebuie să facem unele rezerve. Lumea particulelor elementare este guvernată de legi matematice. Legile fizicii în general sînt de natură matematică. însă, aşa cum am observat şi în *Poetica matematică* (p. 16), limbajul matematic nu este totdeauna traductibil în limbajul ordinar. Ceea ce se poate exprima în acest limbaj este doar o anumită aproximaţie a semnificaţiilor mai generale ale rezultatelor. Mai apare şi o altă dificultate, discutată într-o lucrare recentă a lui Basarab Nicolescu *(Nous, la particule et le monde,* Editions le Mail, Paris, 1985). Deşi tabloul pe care-l oferă fizica actuală prezintă o simplitate şi o frumuseţe de natură globală, care stimulează deopotrivă raţiunea şi intuiţia, sensibilitatea şi imaginaţia, totuşi cele mai multe imagini folosite pentru a da nespecia- liştilor o idee despre legile cuantice eşuează în această încercare, datorită faptului că sînt, în mod inevitabil, împrumutate din universul macroscopic cu care sîntem familiarizaţi şi în care fenomenele infinitului mic sînt neechiva- labile. Universul cuantic are propria sa logică şi propriul său limbaj, care pot fi deformate pînă la falsificarea totală prin obişnuitele „manipulări" macroscopice. Există uneori o tendinţă de poetizare a faptelor ştiinţifice, care nu face decît să denatureze aceste fapte şi să eclipseze frumuseţea lor autentică.

Cu aceste precauţii, să revenim la teorema lui Bell, cu unele precizări. Legea cauzelor locale revine la faptul că evenimentele din universul nostru se

desfăşoară cu o viteză care nu o întrece pe aceea a luminii (limitare impusă de teoria relativităţii speciale). Trebuie să precizăm şi sensul tratării experimentale a teoremei lui Bell. De fapt (aşa cum observă şi Larry Dossey la p. 98 a cărţii sale citate în capitolul următor), experimentul nu se referă la o teoremă ca atare, ci numai la confirmarea (sau infirmarea) predicţiilor statistice ale MC. Să mai observăm că nu toate experimentele au confirmat aceste predicţii, iar un autor ca Henry J. Folse, Jr. *(Complemen- tarity and Scientific Realism,* Proceedings of the International Congress of Methodology and Philosophy of Science, Salzburg, Austria, 11—16 July, 1983, p. 55—58) consideră că ne- confirmarea experimentală a inegalităţilor lui Bell pare să indice că descrierea dată de MC microsistemelor nu poate fi înlocuită cu o teorie a variabilelor ascunse care ar repre-zenta microsistemele într-un mod consistent cu realismul clasic, în acest sens fiind invocat şi articolul lui Bernard d'Espagnat menţionat mai sus.

Teorema lui Bell venea ca o confirmare a propoziţiei „imposibile" a lui Einstein : Este posibilă o schimbare instantanee în sisteme total separate. Larry Dossey nu-şi poate reţine mirarea : „încă o dată, cum s-a întîmplat de atîtea ori în secolul nostru, matematica şi experimentul ne transportă pe un tărîm inaccesibil logicii noastre de fiecare zi. Imagina- ţi-vă ! Dacă două particule s-au aflat odată în contact, atunci, chiar dacă ele sînt pentru totdeauna separate, orice modificare a uneia din ele este însoţită instantaneu de o modificare a celeilalte".

Marea majoritate a rezultatelor experimentale concordă cu predicţiile MC. Unul dintre experimentele cele mai recente care confirmă existenţa unor corelaţii nelocale a fost efectuat de Alain Aspect, Ph. Grangier, G. Roger (relatare în Physical Review Letters, voi. 47, 1981, no. 7, p. 460). Trebuie să vedem în aceste corelaţii nelocale intervenţia iraţionalului, violarea cauzalităţii, falimentul obiectivităţi i ştiinţifice ? se întreabă Basarab Nicolescu (op. *cit.,* p. 32) şi răspunde : „Sigur nu. Nu cauzalitatea ca atare este pusă sub semnul întrebării, ci o formă particulară, res- trînsă a ei. Cauzalitatea locală este o formă particulară, restrînsă, a obiectivităţii ştiinţifice. Lumea rămîne cauzală, raţională".

Ipoteza „bootstrap"-ului

In 1959, Geoffrey F. Chew, profesor la Universitatea din Berkeley, a formulat o ipoteză care-şi propunea să explice unele date experimentale din fizica particulelor (G. F. Chew, *Theory of strong coupling of ordinary particles,* Proceedings of the Ninth International Annual Conference on High Energy Physics, Kiev, 1959, p. 332 ; G. F. Chew- M. Jacob, *Strong interaction Physics,* W.A.Ben- jamin Co., New York, 1964). La scurt timp după aceasta, ipoteza lui Chew, cunoscută sub numele de *ipoteza de „bootstrap"* a fost folosită pentru unele calcule fizice de detaliu (G. F. Chew, S. Mandelstam, *Theory of the low-energy pion-pion interaction,* II, Nuovo Cimento, voi. 19, 1961, p. 752—776).

Despre ce este vorba ? Cuvîntul englezesc *bootstrap* ar însemna, la modul propriu, „curea de gheată", dar sensul ei figurat vizat aici este de autoconsistenţă.

Timp de secole a dominat ideea după care realitatea fizică trebuie descrisă prin anumite ecuaţii ale mişcării. Newton este cel dintîi care a propus o astfel de ecuaţie (forţa este produsul dintre masă şi acceleraţie) pentru corpurile macroscopice. Maxwell a dat celebrele sale ecuaţii privind cîmpurile electromagnetice iar Schrodinger şi Dirac au propus ecuaţii ale mişcării sistemelor atomice. La baza tuturor acestor descrieri se află presupoziţia după care obiectele care se mişcă sînt un fel de „cărămizi" de bază ale realităţii fizice, bine definite în fiecare punct al spaţiului-timp, iar mişcarea acestor obiecte poate fi descrisă de o manieră deterministă. Insă, după cum se ştie, lumea cuantică nu se supune unui determinism de tip clasic. Teoria „bootstrap"- ului duce mai departe această constatare, propunînd renunţarea totală la ecuaţii de mişcare de orice fel. G. F. Chew *(Impasse for the elementary particle concept,* în „The
Great Ideas Today 1974", Encyclopaedia Britanica, 1974, p. 114—115), observă că o caracteristică esenţială a cîmpului, care-l distinge net de o particulă fizică, este posibilitatea de a-l defini într-un punct al spaţiului- timp. In schimb, despre ecuaţia relativistă şi cuantică a unei particule nu are sens să vorbim, deoarece nu putem da un sens precis poziţiei unei particule.

Renunţînd la orice ecuaţie de mişcare, teoria bootstrap"-ului renunţă la ideea existenţei [1] aor „cărămizi" fundamentale ale realităţii fizK e; dacă am accepta o entitate de bază, car« se află în mişcare, ea nu ar putea fi în nici un caz o particulă — ar trebui să fie altceva, probabil un cîmp. însă Chew se exprimă cu precauţie, accentuînd caracterul de ipoteză al teoriei

sale : „...este posibil să nu apară necesitatea unei ecuaţii de mişcare. Dacă într-adevăr acesta este cazul, este posibil să nu existe nici o entitate fundamentală, fie ea cîmp sau altceva". în ultima lucrare menţionată — şi în alta, anterioară (*Hadron bootstrap: triumph or frustration ?,* Physics Today, voi. 23, 1970, nr. 10, p. 23—28), G. F. Chew propune o definiţie mai precisă a „bootstrap"-ului. Fiecare particulă nucleară are trei roluri diferite : *constituent* al mulţimilor compuse; *mediator* al *forţei* care asigură coeziunea acestei mulţimi ; *sistem compus.* în *Nous, la particule et le monde* (p. 39—42), după care ne-am condus în consideraţiile de mai sus, se observă apropierea dintre ipoteza „boot- strap"-ului şi gîndirea sistemică actuală. O particulă este ceea ce este numai pentru că ea coexistă cu toate celelalte particule. Identităţii precise a unei particule i se substituie relaţia dintre evenimente, prin *eveniment* în- ţelegîndu-se aici orice creaţie sau anihilare a unor particule. Nu mai avem a face cu obiecte în sine, cu o identitate proprie. Atributele unei particule sînt rezultatul interacţiunilor ei cu celelalte particule.

W. Heisenberg *(Development of concepts in the history of Quantum Theory,* American Journal of Physics, voi. 43, 1975, nr. 5, p. 392 ; pentru mai multe detalii privind punctul de vedere al lui Heisenberg, a se vedea Gerald Holton, *L'imagination scientifique,* Gallimard. 1981, p. 40—44 şi p. 96—98) exprima o idee asemănătoare : „...Orice particulă constă din toate celelalte particule... Cu ce trebuie deci să înlocuim conceptul de particulă fundamentală ? Cred că trebuie să-l înlocuim cu cel de simetrie

fundamentală...". Este vorba deci de o ruptură în raport cu tradiţia Democrit-Newton. Prin ipoteza „bootstrap"-ului natura se autoorganizează după un principiu de autoconsistenţă exprimabil printr-o infinitate de condiţii care determină cu unicitate particulele existente. Singura lume compatibilă cu legile naturii (la rîndul lor deductibile, în principiu, prin autoconsistenţă) este, după ipoteza „boot?trap"-ului, lumea naturii. Nu putem găsi u i sistem logic necontradictoriu, care să fie în concordanţă cu tot ceea ce observăm sau v m observa. Trebuie să ne mulţumim cu aproximaţii. Apropierea de teorema de incompleţitudine a lui Godel devine aici inevitabilă.

Ne rămîne să observăm că ipoteza „boot- strap"-ului are interferenţe puternice cu teoria holonomiei, despre care am discutat în *Timpul* (Editura Albatros, 1985, p. 327—329); avem în vedere coexistenţa ipostazelor de parte şi tot, respectiv de subsistem şi supra-sistem. Să mai observăm că dacă un principiu general de „bootstrap", care să guverneze nu numai lumea particulelor, ci şi pe aceea a corpurilor macroscopice şi a vieţii în toată complexitatea ei, este deocamdată o simplă speculaţie filosofică, unele manifestări macroscopice ale acestui principiu pot fi atestate de pe acum, de exemplu în lingvistica modernă.

Ne aflăm în prezenţa unui aspect important al circularităţii naturii.

Fizică şi topologie

Fenomenul de „bootstrap" studiat de Chew şi prezentat în paragraful precedent este numit *bootstrapul hadronic,* deoarece

se referă la o anumită categorie de particule, numite *hadroni* (intră aici protonii, neutronii şi pionii) caracterizate prin interacţiune tare la scara nucleului atomic. Alte particule, ca leptonii (cu interacţiune slabă) sau fotonii (cu interacţiune electromagnetică la scară macroscopică) rămîn în afara fenomenului în discuţie. In studiul bootstrap-ului hadronic se urmăreşte comportamentul hadronilor *înainte* şi *după* interacţiunile lor, nu şi ceea ce se întîmplă chiar în momentul interacţiunii. în acest fel, nu mai este necesar să se introducă un spaţiu-timp la scară microscopică, fiind suficient spa- ţiul-timp la scară macroscopică. în par' cular, nu este necesar să se definească poziţi unui hadron individual. Formalismul matematic prin care se realizează aceste deziderate utilizează o matrice în care fiecare element descrie o anumită interacţiune a particulelor. Teoria care se constituie (G. F. Chew-M. Jacob, *Strong Interaction Physics,* W. A. Benjamin, New York, 1964) caută să realizeze o predicţie a configuraţiei acestei matrici. Ipoteza adoptată este aceea a posibilităţii acestei predicţii, de îndată ce sînt îndeplinite următoarele patru condiţii (avînd o bază experimentală) : 1) Fizica nu trebuie să depindă de mişcarea observatorului ; 2) Conservarea probabilităţii : suma tuturor probabilităţilor de obţinere a unei anumite stări finale trebuie să fie egală cu unitatea ; 3) Elementele matricii sînt funcţii analitice de cantităţile de mişcare ale hadronilor (proprietate legată de inexistenţa hadronilor de masă nulă), faptul acesta fiind aspectui matematic al cauzalităţii macrosco- pice ; 4) Are loc un comportament asimptotic (de energie infinită) al amplitudinilor de difuzie, care permite o definiţie precisă a faptului că un

hadron este compus din toţi ceilalţi hadroni (Chew şi Jacob numesc acest fenomen *democraţie nucleară).* în teoria „bootstrap"- ului, aceste patru condiţii îndeplinesc rolul pe care îl au ecuaţiile de mişcare în teoriile de tradiţie newtoniană. în special condiţia a doua conduce la complicaţii matematice deosebite (un sistem infinit de ecuaţii cuplate, neliniare, pe care nu ştim încă să-l rezolvăm şi nici nu ştim dacă are soluţie). Concomitent, subconstituenţii hadronilor, cuarcii, s-au impus tot mai mult atenţiei cercetătorilor, atît sub aspect teoretic cît şi din punct de vedere experimental. însă cuarcii opun democraţiei nucleare a hadronilor o adevărată aristocraţie, deoarece ei apar ca un fel de „cărămizi" care stau la baza construcţiei universului hadronic. între timp, au survenit şi rezultatele privind unificarea teoretică a interacţiunilor slabe cu cele electromagnetice, accentuîndu-se astfel „infirmitatea" „bootstrap"-ului hadronic de a nu include decît interacţiunile tari.

împrejurările descrise mai sus au dus la un impas al teoriei lui Chew. Din acest impas s-a putut ieşi printr-o schimbare radicală în „matematica bootstrap-ului". Este vorba de întâlnirea — a posteriori atît de naturală — dintre ideea de „bootstrap" şi o ramură a matematicii moderne numită *topologie.* „Bootstrap"-ul topologic, născut din acest contact, recuperează toate tipurile de interacţiuni (tari, slabe şi electromagnetice) şi ajunge la o conciliere cu cuarcii. Este matematica „bootstrap-ului topologic" mai simplă decît aceea a „bootstrap-ului hadronic" ? Greu de spus, este în orice caz deosebit de adecvată şi a şi înregistrat unele succese. Pregătită încă din secolul al 18-lea (de exemplu prin lucrările lui L. Euler), topologia s-a con-

stituit ca disciplină abia în secolul nostru. Ea este prin excelenţă o ştiinţă a calitativului, a comportamentului global. Rene Thom a văzut-o ca o ştiinţă generală a evoluţiei formelor, în care au loc atît fenomenele de continuitate cît şi cele de discontinuitate. Prin toate aceste aspecte, topologia este a priori adecvată să modeleze lumea particulelor. Punctul de plecare îl constituie un graf în care fiecare vîrf este un eveniment (adică o anihilare sau o producere de particule) iar particulele corespund arcelor grafului. Proprietăţile particulelor elementare revin la fluxul unor proprietăţi topologice în astfel de grafuri. Numerele cuantice corespund orientărilor anumitor linii topologice. Nu putem intra aici în mai multe detalii (pentru care se poate consulta cartea *Nous, la particule et le monde,* deja menţionată), deoarece intrăm într-o zonă delicată a topologiei diferenţiale, care ar pretinde foarte multe lămuriri. Vom reţine doar faptul că se obţine o ierarhie topologică de grade de complexitate, care pleacă de la o complexitate nulă, unde „bootstrap"-ul operează direct şi clar; este vorba aici de un nivel subcuantic, anterior lumii particulelor, aceasta din urmă fiind la rîndul ei mai simplă decît lumea observată, a percepţiei noastre directe. Acestea sînt cele trei nivele despre care dă seama „boot- strap-ul topologic"; îi scapă încă nivelul cosmic, al interacţiunilor gravitaţionale. La nivelul subcuantic, particulele nefizice care apar sînt în acelaşi timp simple şi compuse, fiecare particulă definindu-se prin toate celelalte.

Particulele, altele decît hadronii, apar la un nivel de complexitate mai ridicată, unde continuă să funcţioneze, ca şi la

primul nivel, un principiu de autoconsistenţă topologică permiţînd unificarea interacţiunilor tari, slabe şi electromagnetice. „Bootstrap-ul topologic" aduce o nouă lumină asupra naturii spaţiului- timp. Realitatea observabilă e generată de complexitate. Legile fundamentale nu operează în interiorul spaţiului-timp continuu. Realitatea cuantică cere un spaţiu multidimensional, diferit de spaţiul-timp al realismului clasic, un spaţiu mai larg, în care evenimentele fizice au loc concomitent în toate dimensiunile. Există cauzalitate, dar evenimentul e instantaneu, fără înainte şi după, în sensul obişnuit al acestor termeni.

Topologia aduce astfel fizicii nu numai un instrument, ci şi o viziune. Este un exemplu strălucit de stimulare şi fertilizare prin matematică a unor idei fizice.

Ideile lui Bohm

Modelul topologic al „bootstrap"-ului şi-a propus să surprindă aspectul global şi siste- mic al acestuia, în care un rol decisiv îl are structura holografică (legătura dintre parte şi întreg, dintre local şi global). Această structură evocă şi alte fenomene matematice, cum ar fi analiticitatea şi cvasianaliticitatea, unde comportamentul unei funcţii pe o parte oricît de mică a teritoriului ei de definiţie determină comportamentul pe întregul teritoriu. într-o serie de articole (dintre care menţionăm aici *Sur une classe de fonctions definies par des inegalites, introduite par* M. *A. Csâszâr,* „Acta Scientiarum Mathemati- carum", voi. 19, 1958, nr. 3—4, p. 192—218) am arătat că solidaritatea dintre aspectul local şi cel

global, completa determinare a celui de al doilea de către cel dintîi se manifestă şi în cadrul unor clase de funcţii definite prin inegalităţi, clase pe care le putem numi patologice, deoarece sînt formate din funcţii lipsite de orice proprietate obişnuită la funcţii uzuale (continuitate, monotonie, derivabilitate, integrabilitate etc.). în particular, o astfel de clasă este constituită de soluţiile discontinue ale ecuaţiei funcţionale a lui Cauchy
1(x+V) = f(x)+f(y)-

O întreagă colecţie de studii dedicate structurilor holografice a fost editată de Ken Wilber (*The holographic paradigm and other paradoxes,* Shambhala, Boulder, Colorado, 1982). Din această colecţie vom reţine acum secţiunea *The enjolding — unjolding universe* (p. 44—104), în care se prezintă o conversaţie a lui Rene Weber cu fizicianul David Bohm. După cum vom vedea, este vorba aici în mod special de lumea cuantică, de acele aspecte ale ei la care ne-am referit şi în discuţia ipotezei de *bootstrap.*

Modelul holografic al conştiinţei se bazează pe ideea că informaţia pe care conştiinţa o utilizează nu este păstrată în locuri particulare, ci pe întreaga zonă cerebrală sau pe largi părţi ale ei. Informaticienii ar prefera şi ei păstrarea holografică a informaţiei, mult mai eficientă decît actuala păstrare digitală. Bohm aduce însă următoarea nuanţare: în- dreptînd lumina asupra unei părţi a unei holograme, vom obţine o informaţie asupra întregului, însă această informaţie va fi mai puţin detaliată şi din mai puţine unghiuri decît aceea obţinută de la întreaga hologramă. Cu cît luăm în considerare o parte mai mare a hologramei, cu atît obţinem o informaţie mai bogată.

Holograma este pentru Bohm un exemplu de ceea ce el numeşte ordinea desfăşurată sau implicată, pentru care propune un model (sau o metaforă ?), sub forma următoare. Să considerăm doi cilindri concentrici de sticlă, între care s-a introdus un fluid foarte vîscos, cum ar fi glicerina. Cilindrii pot fi rotiţi foarte încet, astfel încît să nu se producă nici o difuziune a fluidului vîscos. Dacă introducem în acest fluid o picătură de cerneală insolubilă şi imprimăm o rotire lentă, se va obţine un fir invizibil care, la o rotire înapoi, va redeveni vizibil. Are loc o înfăşurare a firului aşa cum oul cuprinde cozonacul. Nu putem scoate oul din cozonac, dar putem desfăşura firul, deoarece ne aflăm în prezenţa unui amestec vîscos, deci care nu se răspîndeşte ; putem desfăşura picătura de cerneală în afara glicerinei, rotind-o înapoi încet, în aşa fel încît să nu se producă nici o difuziune. Putem acum înfăşură o altă picătură de cerneală, care va semăna cu prima, însă între ele este o deosebire, fiecare desfăşurîndu-se în cealaltă. Această deosebire se manifestă în ordinea înfăşurată ; ordinea pe care o vedem este ordinea desfăşurată ordinară, care este descrierea noastră obişnuită a realităţii. In mod obişnuit, noi gîndim fiecare punct din spaliu şi timp ca fiind distinct şi separat, toate relaţiile exercitîndu-se între puncte contigue în spaţiu şi timp. în ordinea înfăşurată, cînd înfăşurăm o picătură, aceasta se întîmplă în raport cu întregul, fiecare parte contribuind la picătura considerată. Introdu- cînd o a doua picătură, cele două picături vor fi în poziţii diferite, dar prin înfăşurare ele se amestecă reciproc, se întrepătrund ; prin desfăşurare însă, ele se separă şi redevin două picături.

Pentru Bohm, situaţia de întrepătrundere globală nu poate fi descrisă cu limbajul ordinar. Ordinea uzuală de descriere pe care o întîlnim în fizică este cca carteziană, în care fiecare punct poate fi separat de celelalte, cu care poate avea relaţii de contiguitate. în topologie se introduc diferite proprietăţi de separaţie care dau seama despre această situaţie. Mentalitatea carteziană-newtoniană corespunde structurii de spaţiu al lui Felix Hausdorff, în Cc>re două puncte distincte admit totdeauna vecinătăţi sferice disjuncte. O proprietate mai slabă de separaţie este produsă de Maurice Frechet : Pentru orice două puncte *a* şi b există o vecinătate deschisă a lui *a* care nu conţine pe b şi o vecinătate deschisă a lui b care nu conţine pe *a.* Cea mai generală, deci mai slabă proprietate de separaţie a fost produsă de A. N. Kolmogorov : Măcar unul dintre două puncte distincte admite o vecinătate deschisă care nu conţine celălalt punct. Proprietăţi de separaţie ca cele ale lui Frechet şi Kolmogorov ca şi situaţia în care nu este satisfăcută nici una dintre acestea pot modela diferite aspecte care apar într-o structură holografică, în particular în universul cuantic. Prin înfăşurare, o curbă netedă devine un întreg în care totul se află în întrepătrundere, desfăşurîndu-se într-o... curbă netedă. O altă ourbă netedă ar putea fi la rîndul ei înfăşurată. Rezultatul ar arăta aproape la fel pentru vederea ordinară, carteziană, dar cele două curbe rămîn distincte, deoarece ordinea de înfăşurare este diferită.

Modelul cartezian se prezintă fie atomistic, fie ca un flux continuu. Un cîmp continuu este tot cartezian, dar toate conexiunile sînt contigue; cu alte cuvinte,

un cîmp este conectat numai cu elementele de cîmp foarte apropiate lui în spaţiu şi timp, neavînd nici o conexiune cu elemente la distanţă. Nu aceasta este situaţia în ordinea înfăşurată.

Strania matematică a mecanicii cuantice

Un al doilea model propus de Bohm pentru înţelegerea lumii particulelor este următorul. Infăşurăm o picătură rotind maşina de n ori. Introducem apoi o altă picătură într-un loc uşor diferit şi o înfăşurăm de *n* ori, timp în care prima picătură este înfăşurată de 2n ori. Apare aici o distincţie subtilă între o picătură care a fost înfăşurată de n ori şi una care a fost înfăşurată de 2n ori. Ele par indiscernabile, dar dacă rotim una dintre ele de n ori, obţinem o picătură iar după alte *n* rotiri obţinem pe cealaltă. Să repetăm procedura cu o poziţie uşor diferită, supusă la *n* rotiri, cea de a doua la 2 n rotiri, iar cea iniţială la 3 *n* rotiri. După ce s-au acumulat mai multe picături, întoarcem maşina înapoi, iar picăturile se înfăţişează pe rînd vederii noastre; dacă aceasta se întîmplă suficient de rapid, vom percepe o particulă într-o mişcare continuă.

O atare descriere a particulei este total diferită de descrierea carteziană, în care particula se află succesiv în diferite poziţii bine determinate. In noua descriere, particula este întregul ale cărui părţi ne apar numai în manifestare ; ochiul nostru vede picătura atunci cînd intensitatea,

densitatea picăturilor de cerneală depăşesc un anume grad. Întîlnirea particulelor este numai o abstracţie manifestă pentru vederea noastră. Realitatea este ordinea înfăşurată, care-i totdeauna globală şi esenţial independentă de timp; este independentă de timp, deoarece două elemente strîns corelate sînt pe punctul de a se înfăşură una după alta, dar la origine ele sînt toate dispersate, amestecate. în acest fel, relaţia lor de bază nu are nimic a face cu spaţiul şi timpul. Noi nu putem percepe întreaga ordine înfăşurată, ci numai un aspect al ei, care devine manifest. Astfel ia naştere o experienţă de percepţie. Dar aceasta nu ne dă dreptul să reducem întreaga ordine la partea ei devenită manifestă. După concepţia cartcziană, întreaga ordine este potenţial manifestă, chiar dacă nu ştim să actualizăm această potenţialitate (prin folosirea eventuală a unor instrumente mai perfecţionate). Altfel se petrec lucrurile în ordinea implicată. Picăturile de cerneală sînt numai un model, holograma fiind mult mai fină ; de fapt, picăturile de cerneală nu există. Ceea ce este pe cale de a deveni vizibil este o foarte mică parte a ordinei înfăşurate, de aceea se introduce distincţia dintre ceea ce este şi ceea ce nu este manifest. Ceea ce a fost manifest se poate înfăşură şi deveni nemanifest sau se poate desfăşura în ordinea manifestă iar apoi să se înfăşoare din nou, în contrast cu mişcarea fundamentală dintr-un loc într-altul, care apare în concepţia carteziană.

Pentru Bohm, cîmpul einsteinian este şi el cartezian, deoarece Einstein insistă asupra conexiunii locale, contigue. Acţiunea la distanţă se află în afara ideilor lui Einstein, crede Bohm. în schimb, Newton credea posibilă această acţiune,

dar încerca să se descotorosească de ea. Bohm insistă asupra convergenţei ideilor lui Descartes, Newton şi Einstein asupra acestui punct, chiar dacă ei au putut fi în dezacord asupra altor numeroase puncte. (A se vedea, asupra poziţiei lui Einstein, şi primul paragraf al acestui capitol.) în contrast cu modelele propuse de Descartes, Newton şi Einstein, în ordinea implicată nu numai că avem a face tot timpul cu aspectul global (teoria cîmpului este şi ea globală), dar considerăm că diferitele conexiuni ale întregului n-au nici o legătură ou localizarea în spaţiu şi timp, ci se asociază unui fenomen calitativ diferit, fenomenul de înfăşurare.

în modelele anterioare celui cuantic anumite locuri sînt traversate fie de o particulă, fie de un cîmp de forţe sau de energii. Putem spune deci că, din punctul de vedere al ordinii implicate, nu există o distincţie fundamentală între Einstein şi Newton. Desigur, Einstein este altceva decît Newton, dar ei se deosebesc în egală măsură de ordinea implicată, unde important este parametrul reprezentat de gradul de implicare. Deosebirea dintre o picătură de cerneală care s-a rotit de n ori şi alta care s-a rotit de 2 n ori este insignifiantă în concepţia carteziană, dar în ordinea implicată ea este fundamentală, deoarece aici sînt conectate acele lucruri care au aproximativ acelaşi grad de implicare, oricît de departe ar putea fi dispersate în spaţiu i timp. Bohm detaliază această idee cu ajul >rul modelului picăturii de cerneală, unde r laţia fundamentală este gradul de implicai J.

Să admitem că sînt necesare percepţiei noastre n rotiri pentru a înfăşură o picătură şi *n+1* rotiri pentru picătura următoare. Să admitem acum că există o altă picătură, care are nevoie de n + un

milion de rotiri; vom spune că ea este foarte departe, foarte dispersată de prima picătură; numai primele două picături vor fi considerate conectate, deoarece sînt apropiate în operaţia de înfăşurare. Aceste conexiuni nu sînt locale, ci globale, deoarece înfăşurarea e totdeauna a întregului. Mai e aici o idee înşelătoare : aceea a succesiunii în înfăşurare. Această idee sugerează o ordine temporală ; de fapt însă succesiunea nu are loc în timp, termenii succesiunii fiind prezenţi toţi odată. Holograma este numai o imagine fixă a unei stări de mişcare care s-ar putea numi holomişcare *(holomovement)* şi ale cărei mişcări de bază sînt plierea şi desfăşurarea. Orice existenţă este holomişcare manifestată într-o formă relativ stabilă. Atomii, celulele, omul sînt forme de holomişcare. Bohm atrage atenţia că *manifest* este un cuvînt format de la *mani,* care înseamnă a ţine cu mîna, sau ceva care poate fi ţinut stabil cu mîna, ceva solid, tangibil, vizibil stabil. Norul poate fi privit ca o manifestare a mişcării vîntului. în mod asemănător, materia poate fi privită ca for- mînd nori în cadrul holomişcării. Matematica mecanicii cuantice (a se vedea conceptul de transformare unitară care apare aici) revine la descrierea matematică a holomişcării. Numai că, deocamdată cel puţin, nu există în mecanica cuantică nici o noţiune fizică de mişcare. Nu este deci clar (deocamdată !) ce realitate acoperă rezultatele matematice astfel obţinute.

Ordinea implicată, materia şi energia

în fizica modernă, cimpurile şi pai ;iculele au o utilizare mai degrabă sintactii 1 decît referenţială. Cîmpurile şi particulele işi dezvoltă semnificaţiile în

contextul matematicii în care ele sînt angajate. (Am discutat despre distincţia dintre semnificaţia contextuală şi cea conceptuală în *Conceptual and contextual hyposthases of abstract entities,* Noesis, voi. 1, 1973, p. 77—83). Aceasta nu înseamnă că ele n-ar fi ancorate în real, dar singura lor legătură cu realul se află la nivel experimental, în sensul concordanţei dintre rezultatele obţinute prin calcul cu cele care rezultă din experimente. Bohm nu este de acord cu interpretarea propusă de unii filosofi, după care din teoria cuantică ar rezulta că nu putem cunoaşte realitatea. Pentru Bohm, realitatea este, prin definiţie, ceea ce omul poate cunoaşte. Cuvîntul *realitate* se asociază cu latinescul *res,* care înseamnă „lucru", iar lucrul este ceea ce e cunoscut. Cuvîntul *res* se asociază, la rîndul său, cu *rere,* care înseamnă „a gîndi", iar lucrul este ceea ce poate face obiectul gîndirii. Unii fizicieni contemporani susţin că realitatea omului se limitează la rezultatele unor operaţii efectuate cu instrumente ştiinţifice, dar în această privinţă se observă o oarecare confuzie şi o anumită ezitare. Glumind, Bohm spune despre fizicienii contemporani că, duminică, atunci cînd ei se consideră filosofi, sînt dispuşi să susţină că realitatea se limitează la rezultatele instrumentelor ştiinţifice ; în schimb, în timpul săptămînii, adică în zilele de lucru, ei spun că realitatea este alcătuită din mici particule solide, despre care tot ei ştiu totuşi că au toate proprietăţile undelor şi multe proprietăţi care numai ale unor particule n-ar putea fi. Din această confuzie ieşi cu o încredere sporită în rezultatele matematice şi în confruntarea lor cu experimentele.

Faţă de o atare atitudine, ordinea implicată propune o modificare. Realitatea

este chiar această ordine, iar ecuaţiile îşi propun s-o descrie. Bohm recurge aici din nou la metafora picăturilor de cerneală. Aceste picături converg spre formarea unei particule, iar apoi particulele apar în întregul spaţiu. Dacă însă aşezi unele obstacole în calea particulei, convergenţa ei se schimbă, metamorfozîndu-se într-o undă. Se înţelege astfel că toate proprietăţile particulei se află în ordinea de ansamblu, în ordinea întregului, cu alte cuvinte particula nu poate fi înţeleasă de una singură. Realitatea constă tocmai în acest comportament de ansamblu. Matematica actuală a teoriei cuantice tratează particula drept ceea ce se numeşte starea cuantificată a cîmpului, este deci vorba de un cîmp împrăştiat în spaţiu dar, în mod misterios, înzestrat cu un cuantum de energie. Fiecare undă din cîmp are un anumit cuantum de energie, proporţional cu frecvenţa sa. în raport cu cîmpul electromagnetic într-un spaţiu vid, fiecare undă are ceea ce se numeşte un punct de energie zero sub care nu poate trece, chiar dacă nu mai există energie disponibilă. Dacă ar fi să se însumeze toate undele într-o regiune oarecare a spaţiului vid, am fi tentaţi să credem că se obţine o cantitate infinită de energie, deoarece sînt posibile o infinitate de unde. în acelaşi timp, am putea suspecta această ipoteză, mizînd eventual pe ideea că prin însumarea unor unde din ce în ce mai mici energia totală care se obţine este totuşi finită (fenomenul de convergenţă la serii cu termeni pozitivi). Dar poate că totuşi există o lungime minimă pe care o undă o poate avea ; în acest caz, numărul total al undelor ar fi finit (într-un spaţiu finit) iar energia ar fi de asemenea finită.

Teoria generală a relativităţii conduce la ideea celei mai scurte lungimi de undă, deoarece, în conformitate cu ea, cîmpul gravitaţional determină ceea ce se înţelege prin lungime şi metrică. Se ajunge la ideea unei lungimi sub care cîmpul gravitaţional nu ar mai putea fi definit, datorită acestui punct zero al mişcării ; în acest fel, nu am mai putea defini nici lungimea. Măsurătorile eşuează la dimensiuni suficient de mici, anume la cele de ordinul lui zece la puterea minus 33 cm sau mai mici; aceasta este o distanţă foarte mică, deoarece distanţele cele mai mici oare intrau în raza de explorare a fizicienilor se situau în jurul a zece la puterea minus 16 cm. Din cantitatea de energie existentă în spaţiu şi din valorile celor mai scurte lungimi de undă posibile rezultă, prin calcul, că energia într^un centimetru cub ar depăşi imens energia totală a întregii materii cunoscute din univers. Cum este posibil aceasta ?

Teoria actuală consideră că vacuumul conţine toată această energie care este apoi ignorată, deoarece nu poate fi măsurată cu un instrument. Există o filosofie după care este real numai ceea ce poate fi măsurat cu un instrument. Dar există particule care nu pot fi văzute cu nici un instrument. în starea actuală a fizicii, trebuie să admitem că spaţiul vid are toată această energie, iar materia corespunde unei uşoare creşteri a energiei, ea este ca o mică ondulaţie a acestui imens ocean de energie, dar o ondulaţie manifestă, avînd o relativă stabilitate.

Pentru Bohm, ordinea implicată are în vedere o realitate considerabil mai vastă decît ceea ce numim materie.

Aici apare distincţia lui Bohm între manifest şi nemanifest. El nu plasează oceanul de energie în primul rînd în timp şi spaţiu, ci în ordinea implicată, ordine nemanifestă, în contextul căreia ondulaţia materiei este manifestă.

De la fragmentare la unitate

„Jocul fizicii" se desfăşoară între ecuaţii şi instrumente, crede Bohm, care este însă convins că dincolo de ceea ce instrumentele pot măsura există anumite implicaţii ale datelor măsurate, implicaţii care privesc baza cunoaşterii fizice. Instrumentele nu pot da seama despre această realitate, deoarece ele „plutesc" în ea, aşa cum peştele, mişcîndu-se în ocean, nu-l percepe pe acesta din urmă. Există între fizicieni un consens în a limita realitatea la ceea ce instrumentele lor măsoară. însă în acest caz teoria însăşi alunecă într-un anume pozitivism. Oamenii îşi imaginează că fizicienii, cu instrumentele lor, măsoară particule, deoarece văd nişte presupuse urme ale acestora. Dar urmele nu garantează pentru particule, aşa cum urma aparentă a unui animal nu oferă certitudine pentru existenţa animalului ; urma putea fi aşezată deliberat acolo, pentru a induce în eroare.

Bohm crede că este nevoie de o adevărată gimnastică logică pentru a înţelege lumea cuantică. Reacţia tipică a unui student în mecanică cuantică este, la început, una de neînţelegere iar după un an-doi poate ajunge la concluzia că totul se reduce la un sistem de calcule, deşi, pentru fizicieni, motivaţia acestei

investigaţii nu se poate lipsi de încrederea în ideea că particulele sînt „cărămizile" cu care e construit universul.

Ordinea implicată a lui Bohm este tolerantă faţă de modelele statistice ale mecanicii cuantice, dar nu acceptă reducerea acestor modele la un simplu algoritm de testare a modului în care instrumentele noastre operează. Fizicianul este de obicei interesat în predicţie şi control iar statistica i se oferă ca un mijloc de predicţie şi control al numerelor mari. Bohm crede însă că statistica trebuie folosită mai profund, pentru cunoaş- tcrca realităţii. Reprezentarea universului sub formă de maşină i se pare lui Bohm confuză. Fizica cuantică este confruntată cu o situaţie antinomică. Pe de o parte există încrederea în realitatea particulelor, pe de altă parte fizicienii nu sînt capabili să treacă dincolo de realitatea instrumentelor pe care ei le folosesc. Există, în această privinţă, o foame de claritate, pe care metafora maşinii nu-i capabilă s-o satisfacă. Bohm pune punctul pe *i,* pre- cizînd : căutăm nu doar predictibilitate, ci realitate, pe care vrem s-o înţelegem, ceea ce este mult mai mult decît a obţine rezultate predictibile şi controlabile.

Provocat de interlocutorul său, Bohm se referă la folosirea de către Karl H. Pribram a modelului hologramei, în scopul înţelegerii crcierului. Creierul ar putea funcţiona pe baza unei ordini implicate, manifestîndu-se în conştiinţă prin memorie. Dar aici se ascunde o ordine nemanifestă, implicînd spaţiul şi timpul. Timpul însuşi este o ordine de manifestare. Este posibil să avem o ordine implicată în raport cu timpul şi spaţiul şi să spunem că în orice perioadă de timp poate fi înfăşurat întregul timp. Realitatea

ar fi dată de holomişcare, în aşa fel încît un moment de timp conţine informaţie despre întregul timp. însă momentul este aici atemporal, conexiunea între momente nerealizîndu-se în timp, ci în ordinea implicată. Conştiinţa este un proces material, ea se află, ca şi materia, în ordinea implicată, dar, ca şi aceasta, se manifestă într-o anumită ordine explicată.

De la conştiinţă, Bohm trece la omenire, pe care o vede traversată de un proces de fragmentare generator de haos şi violenţă. O atare fragmentare îşi are un analog în lumea fizică, dar ordinea implicată ne poate scoate din ea. Fragmentarea, tendinţele atomiste sînt prezente în realitatea manifestă, în timp ce în realitatea nemanifestă totul se află în interacţiune. Dar realitatea nemanifestă a omenirii este conştiinţa ei, este ansamblul de fenomene intelectuale şi emoţional-afective ; acestei idei, Bohm îi atribuie nu o simplă valoare metaforică, ci una efectivă. Problemele de bază ale omenirii sînt aceleaşi în oricare parte a planetei noastre ; îndepărtarea fricii, a invidiei, a confuziei, a izolării, nevoia de speranţă sînt modalitatea în care conştiinţa individuală percepe problemele globale. Construim spaţiul şi timpul nu într-un mod subiectiv şi arbitrar, ci în aşa fel încît construcţia să fie adecvată realităţii materiei. Spaţiul şi timpul devin astfel o ordine convenabilă obiectivelor noastre în realitatea manifestă. Spaţiul şi timpul nu constituie ordinea fundamentală în realitatea nemanifestă, dar este loc pentru ele aici ca o relaţie de legătură.

Bohm accentuează solidaritatea dintre ceea ce este manifest şi ceea ce este nemanifest. A le rupe este ca şi cum ai vrea să consideri existenţa norilor eludînd

aerul, sau particula fără întregul ocean de energie, sau picătura de cerneală a lui Bohm fără întregul context asociat. De aici ajungem imediat la problema interacţiunii fiinţelor umane. Dacă aceste fiinţe sînt supuse unei presiuni, atunci adevărul se confundă pentru ele cu tot ceea ce îi ajută să scape de presiune. Dar reala origine a dezordinii şi haosului se află în incapacitatea de a depăşi modalităţile fragmentate şi atomistice. Conştiinţa universală a omenirii, formă supremă a nemanifestului, îndeplineşte un rol primordial în depăşirea acestei crize.

Bohm despre timp

Bohm crede că ideile noastre actuale nu fac încă faţă problemelor puse de timp. Una dintre dificultăţile de bază în această privinţă este exprimată de paradoxul lui Zenon. într-adevăr, nici acum nu reuşim să articulăm satisfăcător timpul cu mişcarea. O succesiune de cadre obţinute cu un aparat de filmat nu înseamnă încă mişcare, deoarece mişcarea nu se reduce la cîteva salturi dintr-un loc în altul. Am putea aborda problema timpului în modul următor : în raport cu momentul prezent, trecutul se află în urmă, dar de fapt el este prezent în noi cu ajutorul memoriei ; în ceea ce priveşte viitorul, el este o proiecţie a prezentului şi un răspuns al memoriei. Dacă am admite că trecutul şi viitorul nu există ca atare, atunci nici prezentul, ca linie despărţitoare între ele, n-ar putea să existe. Undeva s-a strecurat, deci, o greşeală. Trebuie să spunem că trecutul, prezentul şi viitorul nu există atunci cînd sînt considerate cu gîndirea prezentă, dar aici nu mai este vorba decît de o

abstracţiune. în perspectiva holomişcării, întregul timp se află în fiecare moment. Una dintre trăsăturile de bază ale timpului este secvenţa prin care urmează mereu o mişcare care conţine, în trecutul ei, mişcările anterioare. Apare astfel un şir natural, de tipul secvenţei chinezeşti a cutiilor conţinute la rîndul lor în cutii. Momentul prezent poate fi considerat drept cutia al cărei conţinut este alcătuit din toate momentele precedente ; acesta este conţinutul de gîndire al cutiei. Am mai putea spune că orice cunoaştere prezentă este o cunoaştere despre trecut. Prezentul nu pare să se cunoască pe sine, deoarece este nevoie de un răgaz pentru a fi înregistrat şi pentru a deveni astfel o parte a gîndirii şi cunoaşterii.

Rezultă astfel că încercînd, pe baza trecutului, să realizăm o predicţie a viitorului, rezultatul n-ar putea fi decît o predicţie a trecutului-viitorului, adică a cunoaşterii care va exista într-un anumit moment viitor. Afirmăm deci că, cunoscînd ceea ce cunoaştem în prezent, predicţia noastră realizează că în viitor vom fi capabili să cunoaştem cutare lucruri. Prezentul este, ca şi pînă aici, ne-specificabil şi nedescriptibil. (De corelat aceste reflecţii ale lui Bohm cu filosofia lui Augustin asupra timpului şi cu ideile lui Eric Jantsch, expuse în cartea noastră *Timpul).*

Una dintre trăsăturile de bază ale materiei este recurenţa sau, în cazul unei regularităţi mai mari, periodicitatea. Dacă există în dezvoltare o tendinţă recurentă, atunci putem spune că deşi nu cunoaştem prezentul şi viitorul imediat, ele sînt suficient de recurente pentru a le putea infera, într-o bună măsură, pe baza trecutului. Acesta este tipul de situaţie luat

în considerare în cunoaşterea ştiinţifică şi în tehnologie. Structura holo- mişcării este într-o anumită măsură recurentă (dar sînt posibile şi surprize !) şi, deci, permite o predicţie care să inspire încredere, chiar dacă nu o certitudine absolută (deoarece cunoaşterea noastră implică nu numai aspecte necesare, ci şi aspecte contingente). Este interesant să se reconsidere, în lumina acestor idei ale lui Bohm, teoria lui A. D. Xenopol privind distincţia dintre fenomenele de repetiţie şi cele de succesiune. Ne ocupăm de filosofia lui Xenopol, din punctul de vedere al logicii recurenţei, într-un alt capitol al cărţii de faţă.

Recurenţa nu este deci determinată exclusiv de mintea omenească, ci ţine şi de structura holomişcării. Tocmai acest fapt conferă recurenţei o semnificaţie superioară. Recurenţa este nu numai o proprietate a gîndirii, ci şi una a materiei : recurenţa anotimpurilor, a stejarului, persistenţa unei structuri acolo unde totul este în continuă schimbare. Să observăm însă că Bohm nu face distincţie explicită între recurenţa finită şi cea (măcar potenţial) infinită, deşi prin exemplele pe care le dă sugerează că se referă la cea de-a doua. într-un studiu recent *(Artă şi ştiinţă,* Editura Eminescu, 1986) încercăm să argumentăm că repetiţia infinită nu este posibilă decît ca rezultat al unei lecturi.

Bohm insistă asupra semnificaţiei prefixului *holo.* întregul se află în fiecare dintre părţi. Lumea se află într-un grăunte de nisip, tem- poralitatea este inclusă într-un moment. Datorită memoriei, trecutul se scufundă în prezent, exemplu tipic de holomişcare. Lumina, în orice parte a ei, conţine întregul trecut al acelor unde sosite din toate părţile pentru a întîlni

partea respectivă. Aceeaşi parte conţine o anumită implicaţie privind viitorul, chiar dacă nu o implicaţie completă. După cum se vede, partea implică întregul, fără ca aceasta să însemne neapărat că partea ar furniza toate detaliile asupra întregului. Holo- mişcarea fiecărei părţi *se referă* la întreg, fără a-l implica complet şi în detaliu pe acesta din urmă. în particular, prezentul nu poate da o reprezentare completă a trecutului şi viitorului, deşi le implică şi se referă la ele. Tot aşa, o hologramă parţială se referă la întreg, dar este mai puţin detaliată şi mai puţin folositoare decît întregul. Informaţia părţii este inferioară informaţiei furnizate de întreg.

Conştiinţa noastră este un aspect al holomişcării. însă noi ne aflăm incluşi în holomişcare, deci nu putem interacţiona cu ea, în particular n-are sens să spunem că interacţio- năm cu propria noastră conştiinţă. Aşa cum fiecare monadă a lui Leibniz se referă la întreg (dar în diferite grade de completitudine şi perfecţie), conştiinţa *se referă* la ansamblul hodomişcării, este activă în această privinţă, nu se mulţumeşte (ca monadele lui Leibniz) doar să oglindească holomişcarea.

Este universul de natură holografică?

în 1947, Dennis Gabor a descoperit principiul matematic al holografiei, iar ulterior a primit pentru aceasta premiul Nobel; însă o demonstraţie convingătoare a fenomenului a putut fi obţinută numai după invenţia laserului. Imaginea neverosimilă a holoramei poate fi privită din diferite unghiuri şi pare a fi suspendată în spaţiu. Ea a fascinat pe

cercetători, stimulînd analogii dintre cele mai îndrăzneţe. Unii au spus că prin holografie supranaturalul pătrunde în ştiinţă. Să vedem deci despre ce este vorba.

Contribuţie remarcabilă a fizicii moderne, holograma are la bază o idee ingenioasă, care a fost preluată imediat de biologie. Iată cum o descrie biologul Lyall Watson. Dacă laşi să cadă o pietricică într-un lac, ea va produce un şir de valuri regulate, care se propagă în cercuri concentrice. Dacă lăsăm să cadă două pietricele identice în puncte diferite ale lacului, cele două şiruri de valuri asemănătoare se vor propaga unele spre celelalte, în ambele sensuri. Acolo unde se produce o în- tîlnire a unor valuri provenind din puncte diferite, ele vor interfera. Dacă piscurile acestor valuri iratră în contact, ele vor acţiona împreună şi vor produce un val de o înălţime dublă. In schimb, la joncţiunea dintre piscul unui val şi fundul altui val, cele două valuri se vor neutraliza reciproc, producînd o porţiune calmă a apei. Diferitele combinaţii posibile ale celor două situaţii au drept rezultat final o distribuţie complexă de ondulaţii ale apei.

Un fenomen asemănător se produce cu undele luminoase. Lumina cea mai pură de care dispunem este aceea produsă de un laser care trimite un fascicul de raze în care toate undele sînt de aceeaşi frecvenţă, ca aceea produsă de o pietricică ideală într-un lac perfect. Cînd două raze ale laserului interferează, ele produc o alternare de ondulaţii luminoase şi întunecoase care poate fi înregistrată pe o placă fotografică. Dacă o rază, în loc să vină direct de la laser, este reflectată mai întîi de un obiect cum ar fi o faţă omenească, configuraţia rezultantă, deşi foarte complexă, poate totuşi să fie

înregistrată. Se obţine astfel o hologramă a feţei umane.

Pe o placă fotografică, lumina vine din două surse : direct de la obiect şi indirect, prin intermediul unei oglinzi care deviază spre placă un fascicul de raze provenind de la obiectul considerat. Rezultatul nu mai seamănă cu obiectul, dar imaginea obiectului poate fi reconstituită cu ajutorul unei surse coerente de lumină cum este un fascicul de laser. Se obţine astfel o imagine tridimensională proiectată în spaţiu, la o oarecare distanţă de placa fotografică.

Proprietatea fundamentală a holoramei constă în aceea că, *dacă holograma este sfărîmată, atunci orice parte, oricît de mică, a ei reconstruieşte întreaga imagine.*

Să rezumăm deci. Holografia este o metodă de fotografiere fără lentilă, în care cîmpul de unde luminoase împrăştiate de un obiect este înregistrat pe o placă sub forma unei configuraţii de interferenţe. Dacă înregistrarea fotografică — holograma — este plasată într-un fascicul coerent de lumină cum este laserul, modelul original de unde luminoase este regenerat, sub forma unei imagini tridimensionale, deşi, în absenţa lentilei focalizatoare, placa prezintă o aparentă dezordine.

însă principiul holoramei nu se reduce la cele de mai sus, ci are în spate o întreagă cronologie în care matematica ocupă un loc esenţial. Astfel, calculul diferenţial şi integral fundat de Leibniz şi Newton este folosit de Dennis Gabor pentru a descrie o fotografiere tridimensională potenţială : holografia. Dar materializarea rezultatului din 1947 al lui Gabor a putut fi realizată abia în 1965, cînd Emmett Leith şi Juris Upatnicks construiesc holograme cu ajutorul

fasciculelor laser, aşa cum am relatat mai sus.
De aici, „ştafeta" holografiei este preluată şi transferată la ansamblul realităţii fizice şi biologice. în 1969 chirurgul neurolog Kar

lPribram propune holograma ca un model de o deosebită capacitate în explicarea funcţionării creierului, iar în 1971 fizicianul David Bohm, fost colaborator al lui Einstein, lansează ideea după care organizarea întregului univers ar putea fi de natură holografică. Aşa cum am văzut în etapele anterioare ale acestui itinerar, holograma i-a sugerat lui Bohm ideea unui nou tip de descriere a realităţii : ordinea înfăşurată. Este vorba de o ordine ascunsă, exprimînd natura profundă a realităţii, distinctă de ordinea desfăşurată, alcătuită din manifestări secundare. Ordinea desfăşurată este fragmentată, în timp ce ordinea înfăşurată se prezintă ca un flux care nu poate fi înţeles prin descompunere în părţi, ci numai prin comportamentul său de ansamblu. A luat astfel naştere o nouă paradigmă în explicarea naturii : paradigma holografică. După ce am urmărit-o în fizică, s-o urmărim în biologie, în special prin ideile lui Karl Pribram *(Languages of the Brain,* 1971), după care „structura de adîncime" a creierului este esenţial holografică. Aceasta înseamnă că informaţia este în aşa fel distribuită în creier încît fiecare fragment poate reproduce informaţia întregului. Ideea lui Pribram a primit un suport puternic de laborator, care a pus în evidenţă faptul că structurile cerebrale văd, aud, gustă, miros şi palpează printr-o analiză matematică a frecvenţelor temporale şi spaţiale.

Creierul ca hologramă

Deşi modelul holografic a generat răspunsuri fecunde, el a ridicat totuşi o întrebare care devenise o obsesie pentru Pribram: Cine priveşte holograma ? Cine

este „omuleţul ascuns în omuleţ" („the little man inside the little man"), „fantoma din maşină" („the ghost in the machine"), cum se exprimă Arthur Koestler ?

Dacă o atare întrebare i-a pus în încurcătură pe toţi, de la Aristot încoace, nu cumva ea este o întrebare greşită, sau cel puţin greşit formulată ? se întreabă Pribram. Nu cumva lumea nu este alcătuită din obiecte, ci are o structură holografică ? Pribram era frapat de ideea că matematica creierului ar putea fi o formă mai primitivă de lentilă, fără de care am putea cunoaşte o lume organizată prin frecvenţe, o lume fără timp şi fără spaţiu, o lume constînd numai din evenimente. Bohm observă şi el că de la Galileu încoace ştiinţa a obiectivat natura, privind la ea prin lentile. Reprezentările cerebrale n-ar putea fi o anumită stare a universului ?

La începutul secolului al XVIII-lea, Leibniz a descris un sistem de „monade" care prefigurează viziunea holografică modernă, prin faptul că fiecare monadă încorporează informaţia întregului. Calculul integral iniţiat de Newton şi Leibniz se află la baza rezultatelor lui Gabor privind hologramа. Dar, în esenţă, ipoteza holografică poate fi urmărită departe în trecut, de exemplu la Plotin. Cum a putut ea să apară cu mii de ani înainte de matematica necesară pentru a o înţelege ? se întreabă Pribram. Nu cumva în starea holografică, în domeniul frecvenţelor, 4 000 de ani în urmă îl reprezintă pe mîine ?

Karl Pribram caută să explice structura proceselor de învăţare, dezordinile asociate, imaginaţia, semnificarea, percepţia, intuiţia, paradoxele funcţionării creierului. Pribram se referă la mecanismul matematic al creierului („the

brain's intricate mathematical devices"), despre care crede că ar putea depinde de interacţiunile care au loc la joncţiunea celulelor (sinapselor), prin intermediul unei reţele de fibre fine situate pe axonii ramificaţi. Impulsurile nervoase se manifestă în această reţea prin unde încete dotate cu capacitatea de a înlesni funcţionarea matematică a creierului.

O altă ipoteză a lui Pribram afirmă că în creier informaţia este distribuită ca o hologramă. Pribram propune o imagine optică, după care conexiunile cerebrale revin la drumuri traversate de lumină, asociate cu conexiuni mult mai limitate, de tipul unui calculator digital. Reprezentarea holografică explică, în particular, faptul că memoria nu este localizată, ci împrăştiată în întregul creier.

Un anumit tip de efect stereo al intrărilor senzoriale (auditive, kinestezice etc.) permite percepţiei punctuale să se extindă în spaţiu, ca şi cum doi vorbitori stereo se echilibrează reciproc, astfel încît sunetul pare să fie lansat dintr-un punct situat la jumătatea distanţei dintre ei.

Pribram crede că neuropeptidele, moleculele mari relativ recent descoperite, se vor dovedi un factor regulator al transmiţătorilor cerebrali, marcînd astfel o cotitură în înţelegerea funcţionării creierului.

Ideile lui Pribram afectează şi _ statutul metaforei. Totul este, după el, dominat de izomorfism. Probabil că suportăm efectele unei holograme sociale, care include interconexiunile indivizilor. Orice metaforă devine adevărată, dar chiar prin aceasta metafora dispare. Sincronicitatca, coincidenţa semnificativă devin naturale într-un univers holografic dotat cu sens. Chiar o distribuţie în- tîmplătoare se

bazează pe principii holografice şi deci este determinată. „Incertitudinea apariţiei unor evenimente este numai superficială..." Dincolo de apariţiile întîmplătoare se ascund unele simetrii fundamentale.

Implicaţiile principiilor de mai sus sînt nenumărate. Se ştie că anxietatea subminează capacitatea de învăţare. O înţelegere mai adîncă a creierului ca analizor complex de frecvenţe poate determina un respect mai mare pentru diferenţele individuale care se manifestă în stilul de învăţare. Boala şi sănătatea depind de accesul la domeniul primar al realităţii, dar nici factorii de mediu, ca nutriţia, lumina, ionizarea şi sunetul, nu sînt neglijabili, ei influenţînd sănătatea la nivelul frecvenţelor. O situaţie interesantă apare în ceea ce priveşte atenţia. Calitatea atenţiei pare să fie mai importantă decît deprinderea efectivă a autocontrolului fiziologic.

Teoria holografică aduce aminte de ideea lui Pierre Teilhard de Chardin privind reprezentarea noosferei sub forma unei pânze planetare invizibile a conştiinţei în evoluţie. La frecvenţe care în mod normal nu sînt percepute, apar aspecte noi ale realităţii. în artă, universaliile ar putea reflecta relaţii fundamentale de simetrie, frecvenţe, relaţii de fază la care creierul nostru răspunde. Muzica clasică este folosită tot mai mult pentru a modifica starea de conştiinţă (a se vedea în această privinţă şi cartea lui Cor- neliu Cezar, *Introducere în sonologie,* Editura Muzicală,

1984).Ipoteza holografică permite un nou mod de înţelegere şi corelare a unor fenomene clinice care anterior erau asociate cu o artă a psiho- terapiei. Eroarea era în modul nostru de comunicare : transmiterea unui mesaj întrun spaţiu interpersonal. Reacţiile la ideile lui Pribram şi Bohm au fost nenumărate. Evan Harris Walker a conturat o mecanică cuantică a fenomenelor psihice, acordînd o atenţie specială evenimentelor cerebrale subatomice *(Quantum mechanical tunneling in synaptic and ephaptic transmission,* International Journal of Quantum Chemistry, voi. 11, p. 102—127). Melvin Werbach crede că holograma conferă pentru prima oară o bază ştiinţifică unei viziuni holistice. Terence şi Dennis McKenna (*The invisible landscape,* Seabury, 1975) au extrapolat teoria holografică a creierului, enunţînd posibilitatea ca acizii dezoxiribonucleici şi chiar particulele subatomice să funcţioneze după principii holografice.

O serie de articole fundamentale în problema în discuţie au fost publicate în revista „Brain/Mind Bulletin"

.PROVOCAREA MEDICINEI

Momentul Magellan al medicinei

Distincţii ca ştiinţe ale naturii — ştiinţe ale omului, obiect—subiect, intern—extern, pe care secolul trecut le absolutizase, capătă acum un statut mult mai nuanţat şi mai complex. Circulari tatea, aflată uneori sub stigmatul cercului vicios, se dezvăluie acum drept manifestarea supremă a cunoaşterii umane. Nu mai studiem doar obiecte, ci în primul rînd procese. Willis Harman (*Symposium on Consciousness,* Penguin, New York, 1977, p. 3) crede că ştiinţa nu este o descriere a „realităţii", ci o ordonare metaforică a ei. O discuţie pasionantă a acestor probleme ne este propusă de Larry Dossey (*Space, Time and Medicine,* Shambhala, Boulder & London, 1982). De ce, confruntaţi cu fenomene identice, observatori diferiţi raportează observaţii diferite ? Variaţiile care apar în percepţia umană a lumii, chiar în cazul unor observatori aflaţi în condiţii aproape identice, au preocupat pe mulţi autori (a se vedea, de exemplu, Lyall Watson, *Delusion : Collective Unconscious,* in „Ufetide", Simon & Schuster, New York, 1979, p. 206). Aparatul nostru perceptual impune anumite distorsiuni ale realităţii,

observă Dossey. Poate că e mai corect să spunem că acest aparat influenţează modul în care noi „citim" realitatea... atîta vreme cît nu apare un conflict între model şi realitatea citită. In multe situaţii, observă Dossey, vedem ceea ce am fost antrenaţi să vedem, ceea ce obişnuim să vedem. în consecinţă, modelele noastre despre lume se constituie ca un fel de recipient care impune forma sa lucrurilor pe care le vedem.

Pînă în anul 1492, de exemplu, credinţa că pămîntul este plan se constituia într-un model perfect coerent cu experienţa. însă cînd a devenit posibil să se călătorească la mari distanţe, cum au făcut-o Columb şi Magellan, datele observate nu mai erau compatibile cu ipoteza planarităţii planetei noastre, nu mai puteau fi explicate pe baza ei. După cum se ştie, s-a trecut atunci la elaborarea altei ipoteze privind forma pămîntului. Fenomenul este deosebit de frapant în practica medicală; însă aici a apărut şi discrepanţa dintre modelul furnizat de concepţiile medicale tradiţionale şi observaţiile clinice propriu-zise, acestea din urmă nemaiputînd fi explicate pe baza celui dinţii. Un atare model poate influenţa ceea ce vedem, dar în acelaşi timp este, într-o anumită măsură, determinat de ceea ce vedem. în studiile actuale asupra inducţiei a fost mult discutată această natură dublă a inducţiei ; am discutat-o şi noi în *Paradoxul* (a se vedea, în special, p. 141—142 din această carte). Este vorba de paradoxurile lui Cari Hempel şi Nelson Goodman, în virtutea cărora procedarea prin inducţie nu este un simplu vector de la particular spre general, ci şi o lectură a particularului pe baza unui model preexistent. Cu alte cuvinte, itinerarul

particular-general este parcurs în ambele sensuri, circularitatea sa devenind sursa unei posibile parcurgeri iterate de un număr indefinit de ori, deci potenţial infinite atît la stînga cît şi la dreapta, deoarece este fără început şi fără sfîrşit.

Dossey este de părere că medicina se află astăzi într-un moment la fel de crucial ca cel pe care l-au constituit, pentru studiul planetei noastre, călătoriile lui Columb şi Magellan. Modelul molecular a putut explica un timp datele experienţei. însă aşa cum navigatorii şi cartografii secolului al XV-lea au descoperit sfericitatea pămîntului, astăzi sîntem obligaţi să recunoaştem că sănătatea omului este un fenomen oare nu poate fi explicat, în întreaga sa complexitate, prin simplul comportament molecular. Este nevoie de o informaţie suplimentară, relativă la eul sau, mai bine zis, la şinele nostru. Conştiinţa noastră intervine aici fundamental. Desigur, ea nu a lipsit nici pînă acum din consideraţiile cercetătorilor, dovadă fiind teoriile psihosomatice ale sănătăţii. Dar acestor teorii le lipsea o dimensiune, deoarece nu se preocupau decît foarte puţin de modul în care conştiinţa influenţează trupul, oprin- du-şi atenţia aproape exclusiv asupra influenţei trupului asupra conştiinţei. Tocmai din acest motiv, corpul uman a fost mereu re-prezentat de o manieră mecanicistă. O mare parte a gîndirii medicale a fost dominată de o mentalitate reducţionistă, pe baza căreia tot ceea ce se întîmplă în om, inclusiv evenimentele cele mai complexe din mintea sa, poate fi explicat prin procesele electrochimice de bază. în locul acestei viziuni preconizînd un determinism simplist dinspre somatic spre psihic, îşi face acum loc o reprezentare mai echilibrată, pe baza căreia putem

vorbi despre o interacţiune între corp şi conştiinţă.

Asimilarea corpului cu o maşină face parte din viziunea tradiţională a medicinei. Dar, în această reprezentare, ideea de maşină contează mai degrabă prin substanţialitate decît prin funcţionalitatea ei, prin dominarea cantitativului asupra calitativului. Metafora maşinii a căpătat o semnificaţie cu totul nouă în logica matematică modernă şi, odată cu ea, în lingvistică şi în alte domenii, fiind modul tipic de reprezentare a viziunii siste- mice. Nu despre această maşină abstractă este vorba în concepţiile mecaniciste.

Logica mecanicistă asimilează comportamentul uman cu procesele calculabile **în** sensul numeric al cuvîntului (calculabilitatea, în logica modernă, sistemică, nu mai este una exclusiv numerică, ci are o natură simbolică). Cel care a stat măcar o dată în spital şi a fost supus unui control medical total ştie că acolo este plimbat dintr-un cabinet într-altul, în fiecare loc fiind supuse examinării, analizelor, o altă parcelă, un alt organ al corpului său. Treptat, pe fişa sa medicală se acumulează un lung şir de date numerice, care aproape şterg diferenţa dintre fenomenele fizice şi cele fiziologice. Această exacerbare a viziunii analitice, care reduce omul la o alăturare de componente, toate caracteriza- bile numeric, a căpătat un puternic impuls îneepînd cu secolele al XVl-lea şi al XVII-iea, prin Descartes şi Newton. în lumea occidentală, nu era încă răspîndită, înainte de Descartes, ideea că procesele naturale, pe de o parte, numerele şi matematica, pe de altă parte, s-ar afla într-o relaţie intrinsecă. Este adevărat că universalitatea viziunii numerice fusese afirmată încă de vechii greci, în special

prin Pitagora, dar ideea unei conexiuni intime între numere şi natură nu era încă puternică în conştiinţa celor mai mulţi oameni.

Jacob Bronovski (A *Sense of the Future,* MIT Press, Cambridge, Mass., 1977, p. 42) merge pînă acolo încît fixează în noaptea de 10 noiembrie 1619 începutul tradiţiei unei legături puternice între numere şi natură. în acea noapte, Descartes ar fi avut revelaţia faptului că cheia înţelegerii universului se află în ordinea sa logică iar această logică n-ar putea fi decît de tip matematic. Acest model logic, de precizia unui ceasornic, propus de Descartes, creatorul geometriei analitice, dezvoltare strălucită a corespondenţei dintre aritmetică şi geometrie, deci dintre numere şi spaţiul natural, a fost elaborat în continuare de geniul lui Isaac Newton. Descoperind legea atracţiei universale, Newton a creat o explicaţie de o simplitate, profunzime şi eleganţă fără precedent, pe baza căreia devenea posibilă anticiparea a numeroase evenimente ale naturii. în modelul lui Descartes, omul ocupă un loc central, fiind investit cu precizia, ordinea şi raţionalitatea pe oare Descartes le atribuia întregului univers. Dar Descartes distingea două părţi ale omului, mintea şi corpul — *res cogitans* şi *res extensa;* corpul putea afecta mintea, nici o acţiune fiind însă posibilă în celălalt sens.

Liniar şi circular

De numeroase ori revine, în viziunea lui Noica, ideea circularităţii cunoaşterii filosofice. Gîndul lui Pascal „Nu m-ai căuta dacă nu m-ai fi găsit" îi apare drept condiţia formală a cunoaşterii filosofice. Este interesant că aceeaşi reflecţie a lui

Pascal revine şi în interesantul eseu al lui Mihai Şora, *A fi , a face, a avea* (Editura Cartea Românească, 1985), iar anterior fusese invocat, în revista „Orizont", de Şerban Foarţă cu pretenţia că tipul respectiv de paradox ar fi scăpat atenţiei noastre, în *Paradoxul* (Editura Albatros, 1984). Numai că paradoxul inducţiei, datorat lui Hempel şi Goodman (discutat de noi) este exact de tipul acesta (verificarea acestui fapt este un exerciţiu dintre cele mai simple, pe care-l lăsăm pe seama cititorului), ceea ce revine tot la fenomenul circularităţii, deoarece, adăugind vectorului uzual, dinspre căutare spre găsire, vectorul pascalian, dinspre găsire spre căutare, nu facem decît să creăm un itinerar circular (care, chiar prin natura sa circulară, poate fi parcurs într-o repetare indefinită).

Dar Noica nu se opreşte aici. Recunoscînd cercul drept condiţia formală a filosofiei şi condiţia de posibilitate a conţinutului ei, Noica are ambiţia de a răpi atît ştiinţei cît şi artei capacitatea de cunoaştere circulară. Filosofia singură nu este (pentru Noica) evaziune ; ea pleacă de la şi se întoarce la ceea ce este. Este necesar, aici, să reproducem un pasaj mai lung (Trei *introduceri la devenirea întru fiinţă,* Editura Univers, 1984, p. 60—61) : „Toate celelalte forme de cultură — s-o spunem încă o dată — sînt adevărate evaziuni, de vreme ce se desfăşoară ca o mişcare sau o ascensiune liniară, în orice caz nu în cerc. Prin ştiinţă uiţi şi pierzi realul de la care ai plecat; el devine cu totul altceva : relaţie, formulă matematică, simbol ; acest altceva va interesa de acum înainte şi el se va desfăşura pentru sine, uitînd şi de om... Prin artă, la fel, pierzi sensibilul de la care

ai plecat; iar ea se va realiza de acum înainte pentru sine, va crea o *altă* lume, prin care poţi, dar nu e imediat necesar, s-o înţelegi mai bine pe aceasta... Filosofia singură te întoarce *aci.* Dacă ai plecat de la ordinea şi explicaţia posibilă a ştiinţificului, vei reveni la ordinea reală a acestuia, adică la lumea privită sub unghiul ştiinţei".

Ultima parte a citatului de mai sus este cu deosebire semnificativă. Consecvent cu poziţia sa faţă de filosofia ştiinţei, pe care o vom discuta ulterior, Noica dă exemplul lui Kant, Descartes şi Leibniz care, plecînd de la ştiinţă, nu mai pot ieşi din ea : Kant ajunge la o metafizică a fizicii, Descartes la un *Mathesis universalis* iar Leibniz la o *Scientia generalis.* Cu alte cuvinte, pornind de la ştiinţă, nu mai poţi transgresa universul închis al acesteia, tot aşa cum, pornind cu o viteză inferioară vitezei luminii nu mai poţi spera să dobîndeşti o viteză egală sau superioară acesteia.

Problema este prea importantă pentru a nu-i acorda întreaga atenţie. Ceea ce Noica nu recunoaşte ştiinţei şi artei — capacitatea de cunoaştere circulară — constituie chiar esenţa dezvoltării lor recente. Unui răspuns general şi abstract îi preferăm un exemplu care se referă direct la om şi anume la legătura dintre starea sa de sănătate şi modul în care este controlat timpul. Indirect, această chestiune a fost discutată sub diferite aspecte în cartea noastră *Timpul* (Editura Albatros, 1985), dar acum vom aduce în discuţie cercetarea, deja menţionată, a lui Larry Dossey *(Space, Time & Medicine,* Shambhala, Boul- der & London, 1982), în care ideea centrală o constituie observaţia (bazată pe evoluţia

recentă a ştiinţelor) că multe boli — probabil cele mai multe — ar putea fi cauzate, în întregime sau în parte, de o percepţie inadecvată a timpului. Pînă aici, nu se vede legătura cu problema circularităţii, dar ea se cristalizează de îndată ce menţionăm că, pentru Dossey, percepţia liniară, unidirecţională şi ireversibilă a timpului este o permanentă sursă de boală, în timp ce o viziune circulară (adăugăm noi : elicoidală) asupra timpului are de multe ori un efect terapeutic decisiv. După cum se va vedea, această viziune circulară asupra timpului este strîns legată de o viziune circulară subiect-obiect concomitentă cu atenuarea opoziţiei dintre aceşti doi termeni. Abundenţa de fenomene periodice cu care natura ne asaltează a creat, încă la omul primitiv, o reprezentare ciclică a timpului, iar culturile primitive care mai persistă confirmă toate aceste atitudini

.Mircea Eliade a analizat acest fenomen în *The Myth of the Eternal Return* (Princeton University Press, 1954), arătînd că omul primitiv credea în realitatea unui obiect sau a unui act numai în măsura în care acesta imita sau repeta un arhetip. Devenind însă periodic, deci circular, timpul era abolit, deoarece totul se referă la un moment mitic primordial, duratele fiind suspendate. Timpul profan este derizoriu la omul primitiv ; ceea ce contează este timpul diferitelor ritualuri sau al unor acte importante legate de ceremonii, vî- nătoare, pescuit, război etc. Dispare astfel obsesia ireversibilităţii timpului. Eliade devine categoric în această privinţă (op. *cit.,* p. **85—** 86),

observînd că dacă nu-i acordăm nici o atenţie, timpul nu există, iar dacă devine totuşi perceptibil (atunci cînd omul se depărtează de arhetip şi intră în durată), omul are posibilitatea de a-l neutraliza. Omului primitiv îi este astfel atribuită o mentalitate diametral opusă aceleia formulate de cronicarul Miron Costin cu mii de ani mai tîrziu. Omul primitiv îşi modelează singur timpul, în loc ca el să se afle la discreţia timpului.

Dar dacă timpul există în măsura în care sîntem preocupaţi de el, atunci ceasul, sub orice formă, devine un mijloc prin care timpul capătă existenţă ; mai mult, ceasul liniari- zează timpul, creează obsesia timpului şi, pe lîngă diferitele sale funcţii, el devine şi un simbol al morţii (G. Gottlieb, în *The Meaning of Death,* ed. H. Feifel, McGraw Hill, New York, 1959, p. 157—188). Simpla privire a ceasului este o privire asupra timpului, o preocupare de trecerea acestuia şi, implicit, o acceptare a dominării noastre de către timp. Dacă pe omul primitiv îl preocupa durata de ardere a unei lumînări sau de fierbere a unei oale de orez, durată prin care citea în primul rînd caracterul ciclic al fenomenelor, pendulul inventat de olandezul Christiaan Hug- gens în secolul al XVII-lea a îndreptat atenţia omului modern spre un timp de forma unei ape curgătoare, care nu poate transgresa liniaritatea şi unidirecţionalitatea ei.

Dacă Newton considera caracterul ciclic al timpului ca o proprietate intrinsecă a naturii, Leibniz, Barrow şi Locke adoptă o reprezentare liniară a timpului, reprezentare de care e6te contaminată de altfel întreaga ştiinţă clasică. Timpul, prin simplul fapt că devine măsurabil, se liniarizează ; dar această liniari- zare este obţinută cu ajutorul unui fenomen ciclic,

deoarece orice ceas are la bază o periodicitate naturală. Insă Dossey crede că viziunea liniară sau circulară asupra timpului nu depinde de instrumentul folosit pentru a-l percepe. în societatea indiană premodernă Hozy — viziunea circulară, oglindită în limba Hopi, în care nu există cuvinte pentru fenomene de anterioritate şi precedenţă iar verbele nu au timpuri — nici un ceas nu ar fi putut schimba această mentalitate a unui prezent continuu.

Liniaritatea ca sursă de boală

Ideea despre timp a omului primitiv se regăseşte, prin analogie, în reprezentările propuse de fizica modernă. Aşa cum am mai observat, reprezentările temporale primitive sînt cel mai bine caracterizate de Mircea Eliade. Continua reîntoarcere dezvăluie o ontologie necontaminată de devenire (ca în expresia populară, care corespunde şi unei idei a lui Hegel, „Nimic nou sub soare"), caracterul repetitiv al evenimentelor menţinînd lumea într-o permanentă legătură cu momentul ei auroral de ipotetic început. Larry Dossey ne atrage atenţia că o descriere similară a timpului apare la Louis de Broglie (în *Albert Einstein : Philosopher — Scientist,* ed. P. A. Schilpp, The Open Court Publishing Co., La Salle, Illinois, 1949, p. 113) : „Spaţiul şi timpul nu mai au un caracter absolut... în spaţiul-timp, ceea ce pentru fiecare dintre noi se desface în trecut, prezent şi viitor se prezintă în bloc, întregul ansamblu de evenimente, pentru noi succesive, care alcătuiesc existenţa unei particule materiale fiind reprezentat printr-o linie, linia-în-lume *(the ivorld-line)* a particulei. Fiecare observator, pe măsură

ce timpul său se scurge, descoperă, ca să spunem aşa, noi felii de spaţiu-timp, care lui îi apar ca aspecte succesive ale lumii materiale, deşi în realitate mulţimea evenimentelor care constituie spaţiul-timp există înainte ca el să Ie cunoască".

In sprijinul aceleiaşi idei, Dossey se referă şi la T. S. Eliot (*Tradition and the Individual Talent,* în „The Silent Zero, in Search of Sound", trad. E. Sackheim, Grossman, New York, **p.** XIII), care regăseşte un fenomen similar în artă : „...nici un poet, nici un artist al nici unei arte nu-şi poate configura singur sensul... ; ceea ce se întîmplă cînd o nouă operă de artă este creată se întîmplă simultan cu toate operele de artă care au precedat-o". Ne aflăm astfel în prezenţa unei realităţi antinomice, în care recrearea în timp, deci implicit „anularea" timpului, coexistă cu intuiţia imposibilităţii întoarcerii înapoi în timp şi a repetării unor evenimente trecute. Dossey observă că această trăsătură a creativităţii de a implica o lume atemporală se regăseşte intactă şi în creaţia ştiinţifică.

Intr-un prezent etern se află si copilul care n-a împlinit încă un an (R.G.H. Sin, *Chi,* M.I.T. Press, Cambridge, 1974, p. 154). Spre vîrsta de doi ani apare cuvîntul *azi,* după încă o jumătate de an apare cuvîntul *mîine* şi abia spre vîrsta de trei ani este însuşit şi cu- vîntui *ieri* (bineînţeles, este vorba aici de o nureciere medie, de natură globală), pentru ca *dimineaţa* şi *după-amiaza* să se cristalizeze pe la vîrsta de 4 ani iar *zile* pe la 5 ani. Între 5 şi 6 ani are loc un progres decisiv în însuşirea unor distinctii temporale, pentru ca o maturizare esenţială să se producă spre vîrsta de 16 ani.

Ajungem astfel la legătura dintre timp şi starea de sănătate. Dossey pretinde că

chiar şi bolile cele mai banale, cum ar fi o simplă migrenă, prezintă aspecte ascunse legate de timp şi spaţiu. Senzaţia de durere *D* poate fi descrisă cu o formulă de tipul *D = (kS)/T,* unde *S* este gradul stimulului vătămător (deci producător de durere), T este durata în care acţionează acest stimul iar *k* este un factor constant de proporţionalitate. Explicaţia este simplă : senzaţia de durere este cu atît mai puternică cu cît stimulul vătămător îşi concentrează acţiunea pe o durată mai mică, deoarece în acest caz intensitatea sa va fi mai mare. Timpul are deci aici un rol decisiv. Dossey observă, în continuare, că, aşa cum cîinele lui Pavlov ajunge să saliveze şi cînd nu este cazul, şi noi oamenii ajungem să ne grăbim, să ne alarmăm fără un motiv serios ; clopoţelul lui Pavlov este de astă dată înlocuit cu ceasul deşteptător, cu cafeaua de dimineaţă şi cu nenumărate alte evenimente intrate în rutina de fiecare zi. Toate parcă ne strigă : timpul nu stă în loc ; îţi trece viaţa ; grăbeş- te-te. Drept urmare, aşa-numitele ceasuri interne ale organismului nostru intră şi ele în viteză. Inima bate mai repede, respiraţia este accelerată, presiunea sîngelui creşte. Apare o adevărată „boală a grabei", imunitatea organismului faţă de infecţii şi faţă de cancer scade. Iată deci cum o percepţie dominant liniară a timpului se constituie într-o sursă de panică, întreaga noastră structură psiho-soma- tică reacţionează prin crize cardiace, ulcere etc., potenţînd şi mai mult reprezentările liniare iniţiale.

Percepţia temporală este deci decisivă atît în senzaţia de durere cît şi în generarea şi evoluţia stărilor de boală. M. Friedman şi R. H. Rosen- man *(Type A Behaviour and Your Heart,* Al- fred A.

Knopf, New York, 1974) au analizat boala grabei la care ne-am referit mai sus, elaborînd şi portretul-robot al bolnavilor respectivi. Un atare bolnav, chiar şi cînd stă pe scaun este în continuă mişcare, îşi mişcă mîi- nile şi picioarele, capul şi degetele, întreaga fiinţă este mereu într-o stare de precipitare. Manifestarea lui vocală este de asemenea foarte insistentă, generînd tensiune şi incomoditate printre cei din jur. Este ambiţios, dornic de realizare, obsedat mereu de scopuri care trebuie atinse. Obţine de multe ori succes, este uneori admirat pentru energia sa, dar, în acelaşi timp, furnizează un procent ridicat al celor care cad victimă a unui accident vascular. Putem astfel vorbi de un adevărat *sindrom temporal.* Este bine stabilit că boala grabei se asociază frecvent cu un nivel ridicat al colesterolului şi al insulinei, al hidrocortizonu- lui şi al adrenalinei în sînge.

O situaţie specială o prezintă oamenii care află că suferă de o boală incurabilă, cum este cancerul. Există, în acest caz, o relaţie între percepţia temporală şi durata de supravieţuire ? Chestiunea este departe de a fi elucidată, dar Dossey furnizează unele indicaţii. Reacţia tipică a acestor bolnavi este starea de panică. „Cît timp îmi mai rămîne ?" devine întrebarea obsesivă. Dossey crede că, la astfel de bolnavi, se poate aplica o terapeutică de modificare a percepţiei temporale, cum arată de altfel şi alte cercetări (O. Cari Simonton, Stephanie Matthews-Simonton, James Creighton, *Getting Well Again,* J. P. Tarcher, Los Angeles, 1978 ; Jeanne Achterberg, G. Frank Lawlis, *Imagery of Cancer,* Institute for Personality and Ability Testing, Champaign, Illinois, 1978).

De ce, dintre atîtea aspecte ale stării de boală, aspectul temporal se detaşează ca importanţă ? Răspunsul pe care-l dă Dossey este următorul : cu cît o boală se agravează, cu atît aspectele temporale marchează mai profund percepţiile noastre ; perspectiva unui sfîr- şit apropiat ne preocupă mai intens, reprezentarea viitorului este considerabil afectată. Apare astfel o stare de frică, de anxietate care antrenează în lanţ consecinţe fiziologice dintre cele mai neplăcute. Cu alte cuvinte, agravarea stării de boală afectează profund percepţia noastră temporală, pentru ca aceasta din urmă să determine o nouă agravare a stării de boală. Acest ciclu se repetă indefinit, cu consecinţele funeste bine cunoscute.

Există deci o solidaritate între somatic şi psihic, între corp şi intelect, fapt care implică o solidaritate corespunzătoare între conştiinţă şi univers. Tocmai în această ordine de idei se situează marea contestaţie la care se referă Dossey. De peste 50 de ani s-a acceptat tacit ideea că sănătatea noastră este ameninţată de factori exteriori. Succesul antibioticelor în eradicarea unor bacterii patogene specifice şi posibilitatea de imunizare preventivă faţă de unele boli au consolidat această viziune după care boala este rezultatul unei agresiuni dinafară asupra corpului uman. O atare mentalitate s-a asociat cu o altă prejudecată, aceea a unor relaţii cauzale directe care conduc la starea de boală. Astăzi însă aproape nici o boală nu mai poate fi explicată printr-o simplă legătură liniară de la cauză la efect.

Chiar şi în ceea ce priveşte bolile infecţioase, văzute pînă mai ieri ca rezultatul exclusiv al agresivităţii unor microorganisme asupra capacităţilor defensive ale organismului uman, îşi face loc o viziune circulară, cibernetică, implicînd mecanisme de homeostază, în care conexiunea inversă (pozitivă sau negativă) este esenţială. Pe o bază cauzală simplistă nu am putea explica, de exemplu, de ce numai unele dintre persoanele care cad victime unei infecţii streptococice fac febră. Această provocare a cauzalităţii a fost examinată de S. Vaisrub *(Groping for causalion,* Journal of the American Medical Association, voi. 241, 1979, no. 8, p. 830).

A fost mai comod să se caute cauza oricărei boli în lumea biologiei moleculare, deoarece aici părea să fie mai multă lumină ; exact ca în anecdota cu cel care, pierzînd o cheie într-un loc, o caută totuşi într-un alt loc, unde vizibilitatea este mai bună. Numai că, în cele mai multe boli, cheia pare să fie pierdută concomitent în mai multe locuri iar unul dintre aceste locuri este ceea ce Dossey numeşte *factorul uman,* adică emoţiile şi sentimentele : bucurii şi tristeţi, stări de elan sau de depresiune, de frică, anxietate sau frustrare, de speranţă sau de disperare, de satisfacţie sau de nemulţumire. Desigur, în această lume de stări sufleteşti lumina nu a fost niciodată atît de bună ca în „regatul cărnii", adică al biologiei moleculare. Dar a putut biologia moleculară să conducă singură la terapii decisive în bolile grave care afectează astăzi omenirea ? Răspunsul este deocamdată negativ. Fără a pierde speranţa unui tratament far-

macologic al cancerului, al bolilor cardiace, al hipertensiunii, al bolilor infecţioase, a devenit totuşi clar că factorul uman nu mai poate fi privit ca unul periferic, de ordinul al doilea în apariţia acestor boli. Este adevărat că nu cunoaştem încă mecanismele psihofiziologice intime care mediază impactul factorilor psihosociali asupra activităţii neuronale, hormonale, imunologice etc., dar o serie de cercetări stabilesc cu certitudine acţiunea factorului uman.

Să ne referim, de exemplu, la bolile de inimă. Sînt unanimi recunoscuţi ca factori de risc creşterea colesterolului în sînge, creşterea tensiunii arteriale, fumatul, diabetul. Toate tind să mărească probabilitatea contractării unei boli de inimă. însă C. D. Jenkins *(Psy- chological and social precursors of coronary disease,* The New England Journal of Medi- cine, voi. 284, 1971, p. 244—255) arată că în mai mult de jumătate din noile cazuri de ate- roscleroză cardiacă nu se observă prezenţa nici unuia dintre cei patru factori enumeraţi. O explicaţie este furnizată în 1973 de un raport privind situaţia din statul Massachusetts : supravieţuirea unui bolnav de ateroscleroză cardiacă este determinată în primul rînd de satisfacţia profesională şi de starea generală de mulţumire în viaţă. Cum anume sînt „tra- duse" astfel de fenomene psihice în modificări fiziologice de tipul scăderii colesterolului în sînge ? Iată o întrebare de o deosebită complexitate, la care azi nu mai sîntem blocaţi de o beznă totală. De exemplu, se ştie că anxietatea, stressul, starea de tensiune stimulează o creştere a nivelului catecolaminelor (substanţe

provenind din glanda adrenală), care produc modificări profunde în modul în care organismul controlează nivelul colesterolului în sînge.

Dar cum putem reduce anxietatea, starea de nemulţumire personală ? Numeroase anchete au arătat că, printre oamenii de o anumită vîrstă, îmbolnăvirea şi mortalitatea sînt sensibil mai mari printre văduvi decît printre cei căsătoriţi. Fenomenul este însă de natură mai generală : prin asociere cu alţi membri ai speciei sale, un individ dobîndeşte mai mult succes în reproducerea genelor sale decît în starea de izolare. Acest fenomen este vizibil atît la om cît şi la alte vieţuitoare. Cel mai vechi simptom al sănătăţii a fost succesul în redu- plicarea şi perpetuarea genelor. Indivizii sănătoşi au o tendinţă naturală spre asocierea cu alţi membri ai speciei lor. De altfel, principiul asocierii îl găsim chiar în structura dublu elicoidală a acizilor dezoxiribonucleici.

La fiecare cinci ani devenim alţii

în prefaţa sa la cartea lui Dossey, Fritjof Capra este de părere că numitorul comun al crizelor pe care le parcurge astăzi omenirea include o criză a procesului de cunoaştere, re- zultînd din faptul că persistăm într-o viziune cartezian-newtoniană aplicată unei realităţi care nu mai poate fi înţeleasă în termenii şti— inţei clasice. La numele lui Descartes şi Newton l-am asocia pe cel al lui Aristotel, a cărui logică bazată pe principiile identităţii, ne-contradicţiei şi terţului exclus constituie un cadru fundamental pentru reprezentările propuse de Descartes şi Newton. Matematica promovată de Aristotel, Descartes şi Newton, fără de care nu putem concepe ştiinţa clasică, s-a

constituit într-un model exemplar al universului, pe care nici o provocare nu părea să-l amenințe. încă în secolul al XlX-lea începe însă un proces de erodare a acestui model. Geometria neeuclidiană, teoria mulțimilor infinite, fizica relativistă și fizica cuantică, apoi biologia ne aduc tot mai insistent în atenție fenomene care se desfășoară dincolo de scara percepției umane imediate, fie în microcosm (infinitul mic), fie la dimensiuni cosmice (infinitul mare). Obișnuințele noastre intuitive și logice sînt puse la grea încercare. Apare din ce în ce mai stringentă necesitatea de a le suplimenta cu modalități noi de apropiere a realității, de înțelegere a lumii. O serie întreagă dc dihotomii absolutizate pînă mai ieri (ade- vărat-fals, obiect-subiect, întreg-parte etc.) sînt puse sub semnul întrebării. Viziunii aristotelice, carteziene și mecaniciste, care-și păstrează în anumite condiții și limite întreaga ei legitimitate, dar care eșuează dincolo de aceste limite, i se opune o perspectivă siste- mică și ecologică. Acest proces poate fi urmărit sistematic și în detaliu. Unele aspecte le-am discutat anterior, altele vor fi urmărite, după Dossey, în cele ce urmează.

Care este situația principiului identității ? Aplicat individului uman, el este supus unei grele încercări. Ideea individualității și unicității genetice a fiecărui exemplar uman (cu excepția gemenilor identici) este și ea discutabilă, deoarece ea presupune o separare netă a unui individ de ceilalți indivizi și de tot ceea ce se află în jurul său. In *Song of My- self,* Walt Whitman observa că „orice atom care-mi aparține, îți aparține". Cu fiecare generație, efectul genelor noastre slăbește, ne dizolvăm genetic. Genele sînt alcătuite în primul rînd din acizi dezoxiribonucleici (ADN),

insă o moleculă de ADN nu trăieşte mai mult de cîteva luni. Aceasta înseamnă că în decurs de cîteva luni întreaga noastră structură genetică este reînnoită. Tiparul genelor poate rămîne neschimbat timp de o sută de milioane de ani (excepţiile se referă la aşa-numi- tele mutaţii genetice), materialul genetic însă, adică miile de atomi de carbon, hidrogen, oxigen şi de altă natură care compun genele se află într-un schimb continuu cu lumea exterioară.

Nu numai genele participă la acest proces de reînnoire, ci şi întregul nostru corp. în decurs de un an, sînt înlocuiţi 98% din cei aproximativ 10 la puterea 28 de atomi care alcătuiesc corpul uman. Ritmul acestui proces de reînnoire variază de la un organ la altul; astfel, pielea se schimbă complet în decurs de o lună iar ficatul se regenerează în şase săptămîni. Se poate spune că în decurs de cinci ani toţi atomii care ne alcătuiesc sînt înlocuiţi, cu alte cuvinte în urmă cu şase ani noi cei de azi nici măcar n-am existat, în ceea ce priveşte „zestrea de atomi". Sîntem ca un costum de haine care-şi schimbă mereu stofa, dar mai lent croiala. înţelegem astfel de ce nu are sens să vorbim despre corpul uman ca despre o entitate fixă şi statică. Ne schimbăm mereu atomii cu mediul înconjurător, ceea ce face dificilă separarea noastră de acest mediu şi precizarea frontierei dintre noi şi mediu. Rezultă că şi moartea este un proces îndelungat, nu un act care are loc la un anumit moment.

G. Murchie *(The Seven Mysteries of Life,* Houghton Mifflin, Boston, 1978, p. 320) a urmărit modul în care respiraţia participă la fluxul necontenit de materie între organisme vii. în actul de respiraţie

intervin, la un individ, aproximativ 10 la puterea 22 de atomi, acelaşi număr exprimind aproximativ cardinalul mulţimii de vieţuitoare care respiră aerul planetei noastre. Ca dimensiune,' fiecare respiraţie se află, ca şi omul însuşi, la jumătatea drumului dintre atom şi lume ; cîte 10 la puterea 22 de atomi în fiecare dintre cele 3 0 la puterea 22 de respiraţii conduc la 10 la puterea 44 de atomi de aer care adie în jurul planetei noastre. Rezultă că în fiecare moment în care primim aer în piept, inhalăm, virtual, cîte un atom din fiecare respiraţie care are loc în atmosfera planetei noastre. In acelaşi timp, în fiecare expiraţie trimitem înapoi fiecărei alte respiraţii (deci fiecărei alte persoane) cîte un atom. Dacă ţinem seamă de faptul că acest proces individual dublu de inspiraţie şi expiraţie se repetă de 20 000 de ori pe zi la fiecare dintre cele cîteva miliarde (de exemplu patru) de oameni ai planetei, rezultă că fiecare respiraţie individuală conţine 10 la puterea 15 atomi respiraţi de restul omenirii în cele cîteva săptămîni anterioare şi peste un milion de atomi respiraţi de fiecare persoană de pe planeta noastră

.în aceste condiţii, nu mai putem considera, ca Descartes şi Newton, că organismul uman funcţionează ca o maşină sau ca un ceasornic, în care bunul mers depinde exclusiv de calitatea pieselor sale. O importanţă deosebită c prezintă natura interacţiunii cu lumea. în particular, se constată că inerţia corpurilor materiale este datorată nu atît structurii lor interne cît interacţiunii cu întregul univers. Se

simte aici influenţa decisivă a ideilor mecanicii cuantice. Fritjof Capra *(The Tao of Phy- sics,* Shambhala Publications, Boulder, 1975, p. 210) observă că unitatea materiei cu mediul ei ambiant, observată la nivel macroscopic, este prezentă şi la nivel subatomic. Este considerabil atenuat contrastul dintre particule şi spaţiul cara le înconjoară. Cîmpul cuantic devine entitatea fizică fundamentală, sub forma unui mediu continuu prezent peste tot. Particulele sînt condensări locale ale cimpului, concentrări care vin şi pleacă, pierzînd natura lor individuală şi dizolvîndu-se în cîmpul înconjurător. Acelaşi fenomen se repetă la nivel uman, prin fluxul de elemente chimice între corpul uman şi mediul său.

Ciroularitatea ca destin

In mod tradiţional, s-a considerat că lumea fizică şi cea biologică ascultă de legi esenţial distincte de cele care guvernează universul uman. O expresie tulburătoare a acestei viziuni apare în lucrarea *Hasard et necessite* a lui Jacques Monod, pentru care omul este o victimă a naturii, el se află marginalizat într-un univers, surd la muzica sa, indiferent la speranţele şi suferinţele sale. Determinismului biologic al lui Monod i se opune viziunea unificatoare a unui alt laureat al premiului Nobel, Ilya Pri- gogine, care, prin teoria sa asupra structurilor disipative, a reuşit să argumenteze, într-un limbaj deopotrivă al chimiei şi al matematicii, că biologicul şi socialul se asociază în mod organic şi că omul este o parte a naturii tot aşa cum natura este o parte a omului. Ideii tra-

diţionale după care omul participă la un proces de degradare ireversibilă (prevăzut de al doilea principiu al termodinamicii, conducînd la concluzia morţii termice a universului) care tinde spre o stare de echilibru asociată cu un haos total, Prigogine îi opune studiul *excepţiilor* de la această degradare ireversibilă. Excepţiile decurg din faptul că procesele vitale manifestă o tendinţă opusă, de depărtare de starea do echilibru. Manipulînd o matematică modernă şi puternică, Prigogine arată că principiul ai doilea al termodinamicii, valid pentru univers în ansamblu, eşuează în unele locuri şi, la o depărtare suficientă de starea de echi- 136 Iibru, efectele fluctuaţiilor întîmplătoare pot fi considerabil amplificate, generînd forme ale unei noi complexităţi. Configuraţiile care rezultă se comportă ca o „structură disipativă", ele interacţionează cu mediul local, consumînd energia acestuia şi eliminînd înapoi în mediu produsele secundare ale acestei utilizări energetice. Prigogine ne avertizează că materia nu este inertă, ci vie şi activă iar viaţa se schimbă mereu prin adaptare la condiţii de neechi- libru.

Fluxul de energie din cadrul unei structuri disipative poate determina perturbaţii sau fluctuaţii care, dacă iau amploare, pot conduce la schimbări importante. Cu cît este structura mai complexă, cu atît mai mare este fluxul de energie necesar pentru supravieţuirea sa, iar perturbaţia internă care rezultă este şi ea corespunzătoare. Iarăşi apare circularitatea : complexitatea crescîndă generează nevoia unui consum crescînd de energie din mediul ambiant, ceea ce conduce la o fragilitate crescîndă; dar tocmai această trăsătură a structurii disipative este la

baza evoluţiei ei ulterioare spre o complexitate mai mare. Explicaţia se află în faptul că, dacă perturbaţia internă este suficient de mare, sistemul poate trece printr-o bruscă reorganizare, reuşind să se menţină numai cu preţul unei complexităţi mai mari. Cu alte cuvinte, unde nu e perturbare nu e schimbare. Şansa unei structuri de a evolua spre o complexitate superioară este condiţionată de punerea ei la încercare. Fragilitatea ei, capacitatea ei de a fi pusă în primejdie constituie cheia creşterii. M. Fergu- son *(The Aquarian Conspiracy,* J. P. Tarcher, Los Angeles, 1980, p. 165—166) atrage atenţia asupra faptului că aceste idei apar în înţelepciunea populară : starea de stress poate forţa noi soluţii, starea de criză conduce deseori la împrejurări favorabile ; procesele creative **au** uneori nevoie de haos înainte de **a** conduce la o formă nouă ; indivizii umani se călesc uneori prin suferinţă iar unele societăţi pot uneori ieşi mai întărite dintr-o sciziune.

Ajungem astfel la oameni. Prigogine crede că naturii îi este inerent paralelismul dintre universul microscopic şi cel al experienţei umane. Pentru Prigogine, moleculele nu numai că interacţionează, dar manifestă un comportament coerent, adaptat nevoilor nivelului lor superior. Comportamentul componentelor microscopice se repercutează Ia nivelul macro- scopic. Semnificaţia întregului este corelată cu comportamentul părţilor.

Toate aceste idei ale „poetului termodinamicii" (cum l-a numit pe Prigogine comitetul de acordare a premiului Nobe!) nu puteau să nu-l fascineze pe Larry Dossey care, după incursiunea schiţată mai sus, ne aminteşte că, încă inainte ca teoria structurilor

disipative să devină complet conturată, F. Barron *(The Psychology of Imaqination,* Scientific American, September 1958) a intuit aplicabilitatea la experieiiţa umană a unor legi extrase d!n chimia, fizica şi matematica microuniversu- lui. Structurile disipative apar la toate nivelele naturii, unificînd astfel fenomene anterior eterogene, aşa cum teoria lui Maxwell a unificat teoria electricităţii cu aceea a magnetismului iar Einstein a adus în aceeaşi albie energia, materia, gravitaţia şi lumina, pre- cizînd relaţia dintre ele.

Cu Prigogine se produce o unificare a viului şi neviului, a umanului cu non-umanul. Se conturează o nouă viziune a omului în univers. După cum spune Prigogine, noi vedem în natură ceea ce vedem în noi înşine. Reapar astfel circularităţi noi, fiind totodată întărite circularităţile discutate anterior. Dar circularitatea fundamentală este aici tocmai aceea dintre om şi natură, văzută nu ca între ceva intern şi ceva extern, ci ca un proces care face parte integrantă din constituirea lumii. „Gînduri au toţi oamenii, poate au şi alte vieţuitoare, dar idei nu are decît cel care întoarce gîndul asupra gîndului", observă Constantin Noica *(Devenirea întru fiinţă,* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1981, p. 16). însă în lumina structurilor disipative ale lui Pri- gogine întoarcerea gîndului uman asupra lui însuşi este inevitabilă. Circularitatea este nu o şansă sau o alegere, ci un destin.

Medicina şi structurile disipative

Teoria structurilor disipative, propusă de Prigogine, are consecinţe majore asupra modului de a privi sănătatea şi boala ; aceasta este o idee centrală în concepţia lui Larry Dossey. Unele fapte şi observaţii care nu lipseau din medicina tradiţională, dar erau oarecum marginalizate, sînt aduse acum în centrul atenţiei. înţelepciunea populară abundă în observaţii aproape banalizate, ca : „Suferinţa te căleşte" ; „Lupta cu greutăţile îţi dă foiţe noi" ; „Răcesc mai uşor cei care nu-s antrenaţi cu frigul". Teoria lui Prigogine produce şi motivaţia profundă a acestei înţelepciuni populare, care se regăseşte şi în procedeele tradiţionale de imunizare (introducerea deliberată în corpul uman a unei cantităţi mici de microorganisme alterate, pentru a se crea, într-o formă uşoară, boala cu care corpul trebuie să se antreneze, pentru a o neutraliza într-o eventuală evoluţie spre o formă mai gravă ; corpul este stimulat să producă anticorpi care-I protejează). într-adevăr, boala este o perturbare prin care organismul poate dobîndi o complexitate superioară. O boală mai serioasă ne pune la încercare întregul organism ; un pericol pentru viaţă, după o mentalitate mai veche, dar o posibilitate de a trece la o strategie superioară în apărarea sănătăţii noastre, spune teoria structurilor disipative.
Dossey dă exemplul celui care, în mod imprudent, ia o aspirină puternică şi în acelaşi timp consumă alcool. Aceasta poate produce o perturbare gravă (indigestie, durere şi chiar o hemoragie la stomac), însă din experienţa ei se poate extrage o înţelegere mai complexă a sănătăţii şi bolii, mai multă prudenţă şi înţelepciune. Cei care au supravieţuit unei boli grave,

care i-a adus în vecinătatea morţii, capătă o înţelegere mai complexă, mai profundă a vieţii, a valorii stării de sănătate, ei ajung la o înţelepciune pe care altfel poate n-ar fi dobîndit-o. Dar teoria structurilor disipative merge mai departe, constatînd că sănătatea este condiţionată de perturbare, amîndouă fbr- mînd o unitate fără de care nu se poate constitui sistemul nostru imunitar.

In înţelepciunea orientală, bambusul supravieţuieşte deoarece are flexibilitatea necesară pentru a se încovoia în faţa vîntului. Bambusul devine astfel un simbol al supravieţuirii prin adaptare la perturbare. Fără această supleţe, poziţia rigidă verticală ar fi cedat la o încercare mai serioasă. Poate că şi celebra metaforă a trestiei gînditoare, propusă de Pascal, admite şi o interpretare în acest sens, chiar dacă ea nu a fost avută în vedere de autorul ei.

Devine astfel mai importantă, pe plan social, strategia omului sănătos decît aceea a omului bolnav, deoarece în special cînd se află în stare de sănătate omul îşi sabotează, uneori conştient, capacitatea de a face faţă la perturbări. Capacitatea homeostatică de a reacţiona la perturbări ale climei, ale alimentaţiei etc. este considerabil diminuată prin stări de stres, viaţă dezordonată, oboseală cronică, fumat, obezitate, nerespectarea regulilor de igienă. Aşa-numita medicină preventivă trece, în lumina teoriei lui Prigogine, pe primul plan al importanţei, deoarece abia cînd am ieşit dintr-o stare de boală, dar n-am apucat încă să intrăm într-o altă stare de boală, avem o şansă mai mare de a ne reordona viaţa, tre- cînd la un nivel superior de complexitate a înţelegerii şi comportamentului nostru. Cealaltă

medicină, a pilulelor şi prafurilor de tot felul şi, la limită, a intervenţiei chirurgicale, constituie, din punctul de vedere al teoriei structurilor disipative, doar o a doua linie de apărare, o anexă, o rezervă la care trebuie recurs în mod foarte selectiv. Este astfel condamnată practica recurgerii la antibiotice în cazul unei simple răceli sau a tranchilizantelor pentru potolirea unei simple indispoziţii sau migrene. Dossey este de părere (ca medic, el dă mereu exemple din experienţa sa cu bolnavii) că aici se ascunde o situaţie mai gravă, care ţine de două atitudini în faţa bolii. Unii, din păcate destul de mulţi, cred că mijlocul principal de luptă împotriva bolii este medicamentul ; alţii, în conformitate cu teoria lui Prigogine, realizează că împotriva bolii lupţi în primul rînd prin comportamentul tău psihosomatic.

Desigur, nu totdeauna perturbarea este urmată de o ordine superioară. Toţi cunoaştem cazuri în care o boală în aparenţă minoră duce la o complicaţie neprevăzută, care se dovedeşte fatală. Evoluţiile de acest tip sînt însă excepţionale. Lewis Thomas *(The Lives of a Cell,* Viking Press, New York, 1974, p. 75) ne atrage atenţia că organismul uman are o capacitate extraordinară de a face faţă perturbărilor, de cele mai multe ori fără măcar de a conştientiza pericolul. De exemplu, simplul fapt al folosirii periuţei de dinţi prelungeşte invadarea sîngelui cu microbi ; dar durata de viaţă a unui astfel de microb este mai mică de patru minute.

De o manieră generală, se constată, observă Dossey, că terapiile care sînt asociate cu conştientizarea unităţii noastre psihofizice facilitează reordonarea

întregului comportament; iată un rezultat pe care pilulele şi intervenţia chirurgicală greu îl pot obţine. Unitatea dintre somatic şi psihic este fundamentală în orice abordare în spiritul teoriei structurilor disipative. în acest sens trebuie înţeleasă şi ideea lui Prigogine despre o *fizică umană.* Dossey ne aminteşte, în această ordine de idei, că teoria structurilor disipative, răsplătită cu Premiul Nobel (în 1977), se bazează pe demonstraţii matematice şi pe verificări pe calculator.

ŞTIINŢA PROVOACĂ FILOSOFIA ; DISTINCŢIA DISCRET-CONTINUU

Pornind de **la ipoteza lui Riemann**

Ipoteza lui Riemann, lansată de autorul ei în 1859 într-o lucrare de opt pagini, considerată şi azi cea mai importantă din întreaga istorie a teoriei numerelor, continuă să rămînă o provocare adresată lumii matematice. Deşi pe alocuri confuză şi cu multe lacune în demonstraţii, această lucrare a influenţat puternic aproape tot ce s-a făcut de atunci încoace în studiul numerelor prime şi, prin intermediul acestuia, în unele probleme de o mare importanţă practică, de exemplu în criptografie. Amintim că ipoteza lui Riemann afirmă că toate soluţiile (cu unele excepţii cunoscute) unei anumite ecuaţii avînd ca necunoscută o variabilă complexă (2(l/n' ; n = 1, 2,...) = 0) se află pe dreapta de abscisă 1/2 paralelă cu axa ordonatelor. Trei matematicieni de la Universitatea din

Wisconsin, S.U.A., au verificat cu ajutorui calculatorului că primele trei milioane de soluţii confirmă ipoteza lui Riemann. Dar ecuaţia in discuţie are o infinitate de soluţii, iar în faţa infinităţii nici calculatorul nu mai poate face nimic.

S-a putut însă arăta că (în afară de unele cazuri banale) *toate* soluţiile căutate (adică toate zerourile funcţiei zeta a lui Riemann) au abscisa cuprinsă între zero şi unu. In 1974, Norman Levinson a demonstrat că cel puţin o treime din totalitatea soluţiilor se află pe dreapta x — 1/2. Dar, aşa cum s-a putut arăta, şansa de a întîlni efectiv soluţii care să nu >e coniorrne ipotezei lui Riemann este extraordinar de mică, fără ca aceasta să însemne că asemenea soluţii nu există. Ne aflăm astfel într-o situaţie foarte inedită a raţionamentului prin inducţie (mai bine zis, în faţa unui contra- exemplu la tentaţia de extrapolare de la finit, fie el oricît de mare, la infinit) ; semnificaţiile ei filosofice nu pot fi neglijau. Insă, în cele ce urmează, nu asupra acestui aspect ne vom focaliza atenţia, ci asupra altuia, la fel de pasionant. Avem în vedere legătura dintre ipoteza lui Riemann şi teoria numerelor prime. Această legătură nu poate să nu surprindă. Ipoteza lui Riemann se referă la un obiect di a domeniul Analizei matematice, o serie de funcţii care implică, evident, un proces de trecere la limită. Mai mult, studiul acestui obiect este organic legat de unele fenomene din teoria integralei şi din teoria ecuaţiilor diferenţiale, dovnenii prin excelenţă ale continuului. Pe de altă parte, teoria

numerelor prime este un capitol tipic de matematică discretă, aşa cum este de altfel, prin problematica ei, întreaga teorie a numerelor.

Este astfel adusă în atenţie conexiunea dintre două aspecte fundamentale, complementare, aie realităţii şi ale instrumentelor de investigaţie : continuul şi discretul. Dacă influenţa discretului asups» continuului pare firească, deoarece al doilea ne este accesibil investigaţiei prin cel dintîi, este aproximat de cel dinţii aşa cum totdeauna căutăm să aproximăm un fenomen mai complicat prin altul, mai simplu, cum am putea explica influenţa continuului asupra discretului ? Ipoteza lui Riemann nu prezintă o situaţie singulară în acest sens. O noţiune simplă, ca aceea a fac- torialului unui număr natural n (produsul numerelor naturale de la 1 la n), este urma discretă a funcţiei gama a lui Euler, funcţie definită cu ajutorul unei integrale improprii. Celebra conjectură formulată de Gauss şi Le- gendre pe la 1800, după care numărul numerelor prime inferioare lui *x* este aproximativ ogal cu :r/log *x* (eroarea tinzînd la zero cînd *x* tinde la infinit) a fost demonstrată abia în 1896, în mod independent de către Jacques Ha- damard şi Ch. de la Vallee Poussin, dar nu printr-o referire directă la numere prime, ci prin intermediul unui raţionament de teoria funcţiilor de variabilă complexă, în aparenţă fără nici o legătură cu numerele prime. CYbia în 1918 Atle Selberg şi Paul Erdos găsesc o demonstraţie în care legătura cu numerele prime tote explicită, dar caracterul elementar al acestei demonstraţii este contracarat de lungimea ei excesivă).

în toate situaţiile de mai sus se constată că unele fenomene discrete nu pot fi

aprofundate decît în contextul unor fenomene mai profunde, de natură continuă. Discretul apare aici ca o urmă a continuului, sau ca un caz particular al unui fenomen care numai într-un univers continuu se prezintă natural şi în întreaga sa complexitate. Libertatea combinatorie a numerelor naturale în general, a numerelor prime în special este supusă restricţiilor unui context mai vast în care se inserează nuniereit naturale, acest context fiind uneori continuul real, adică mulţimea numerelor reale sau dreapta reală (cum i se mai spune), alteori planul complex, adică mulţimea numerelor complexe. Este ca şi cum continuul ar fi o cămaşă de forţă care se aplică asupra discretului.

Este însă necesar să distingem între reprezentarea intuitivă a discretului şi continuului şi reprezentarea lor conceptuală. în *Dicţionar de filozofie* (Editura Politică, 1978), discretul este echivalat cu discontinuul iar acesta, la rîndul său, cu ideea de întrerupere. în mod corespunzător, continuul revine la o distribuţie neîntreruptă. Sub formă discontinuă (molecule, atomi etc.), materia prezintă neomogeni- tate **şi** variabilitate, în timp ce o distribuţie continuă (de masă, de energie sau de orice altceva) prezintă omogenitate şi inepuizabilitate. Apare imediat problema : cum reuşeşte matematica să modeleze aceste distincţii, sa le transforme dintr-o formă intuitivă într-una conceptuală riguroasă ? Iată una dintre cele mai interesante provocări la adresa matematicii. Urmărind-o, vom intra în acel laborator al matematicii care se află în contact imediat cu lumea fenomenală şi vom putea vedea în ce fel se nasc noţiunile matematice din experienţa noastră senzorială. Vom constata că matematica nu

a dat acestei provocări un singur răspuns, ci mai multe răspunsuri. Vom constata că, la o examinare mai apropiată, chiar distincţia intuitivă discret-continuu are mai multe înfăţişări care reclamă modele matematice diferite. Această situaţie generează şi o anumită confuzie terminologică, pe care matematica, în ciuda reputaţiei ei de a fi foarte ordonată şi precisă, nu a reuşit s-o evite. Vom mai constata că distincţia discret-continuă este esenţială în orice act de cunoaştere, că are un suport biologic şi psihologic şi că prezintă încă multe aspecte insuficient elucidate, care pun în dificultate tentativele de modelare matematică.

Natura intimă a lucrurilor

Ţine distincţia discret-continuu şi de natura lucrurilor sau numai de modalitatea noastră de a le percepe şi înţelege ? Este materia discretă sau continuă ? Dar timpul, este el discret sau continuu ? Iată întrebări fundamentale, care au preocupat pe oamenii de ştiinţă şi pe filosofii tuturor timpurilor. Discretul şi continuul par să fie două ipostaze obligatorii, în acelaşi timp solidare şi opuse, ale oricărui proces de o oarecare complexitate, fie el natural sau social. O atare viziune antinomică este atestată de un mare număr de forme particulare pe care le capătă distincţia continuu-discret ; cîmp şi particule, undă şi corpuscul, numere reale şi numere întregi, integrale şi serii, analogic şi digital, ontogenie şi filogenie, ereditate şi variabilitate, vorbire şi limba, tradiţie şi inovaţie, iată numai cîteva versiuni ale corelaţiei continuu-discret în fizică, matematică, informatică, biologie, lingvistică şi

cultură, în general toate confir- mind că discretul şi continuul, în ciuda opoziţiei lor, iiiteracţionează şi au o nevoie organică unul de celălalt.

Dar oare exemplele menţionate se referă *în acelaşi fel* la categoriile discretului şi continuului ? Nu cumva aceşti doi termeni exprimă situaţii dintre ccle mai diferite ? O analiză mai riguroasă a lor se impune. Ea devine inevitabilă, atunci cînd încercăm, aşa cum o vom face în cele ce urmează, să urmărim modul în care matematica a propus diferite modele ale distincţiei intuitive discret-continuu. Nu trebuie să ne lăsăm înşelaţi de cuvinte ; uneori, modelele în discuţie se ascund sub o terminologie derutantă.

Proprietatea unei mulţimi de *a fi discretă* se defineşte în matematică prin condiţia de a nu conţine decît puncte izolate. Un *punct izolat* al unei mulţimi A este chiar ceea ce sugerează acest cuvînt : un punct din A cu proprietatea că există o vecinătate a sa în care nu se mai află nici un alt punct din A (ideea de vecinătate capătă un înţeles precis în topologie). Nu este greu de văzut că numerele naturale 1, 2, ..., *n...* formează o mulţime discretă ; într-adevăr, intervalul centrat în *n,* de lungime egală cu unu, nu conţine nici un număr natural altul decît n, deci *n* este un punct izolat al mulţimii numerelor naturale. Mulţimea numerelor de forma *lin* (unde n este un număr natural oarecare) este şi ea discretă (chiar dacă acest fapt surprinde puţin intuiţia, deoarece se produce o aglomerare a elementelor mulţimii în vecinătatea lui zero). într-adevăr, să considerăm un număr pozitiv *a* inferior lui l/n{n-f l). Nu este greu de văzut că intervalul ((l/n) — *a,* (l/n) + a)),

adică intervalul centrat în l/n, de lungime 2a, nu conţine nici un număr de forma l/p (cu p întreg pozitiv), altul decît l/n. Deci l/n este un punct izolat în mulţimea considerată. în topologie se defineşte topologia discretă pe o mulţime A drept acea topologie care este formată din toate părţile lui ***A.*** Denumirea se justifică tocmai prin ceea ce s-a înţeles mai sus prin mulţime discretă; într-adevăr, în topologia discretă pe ***A,*** orice parte a lui A este discretă (adică formată exclusiv din puncte izolate", dat fiind faptul că fiecare punct este propria sa vecinătate

.Modelul matematic prezentat mai sus convine discretului fizic al particulelor elementare, dar nu este adecvat altor reprezentări intuitive ale discretului. Aşa se întîmplă cu reprezentarea discretului prin secvenţialitate. Hegel consideră că ceea ce se opune calităţii nu este cantitatea, ci numărul, care implică scriere, deci discretizare, natură punctiformă. Secvenţialitatea, adică posibilitatea de aşezare într-un şir, nu este totdeauna compatibilă cu inexistenţa unor puncte neizolate. De exemplu, putem forma un şir avînd ca termeni toate numerele raţionale, dar mulţimea acestor numere nu este discretă, mai mult, nu conţine nici un punct izolat. Secvenţialitatea este o formă privilegiată a discretului, datorită faptului că are o bază biologică. Se ştie astăzi că procesele secvenţiale (unde intră, drept cazuri particulare, limbajul şi logica) sînt controlate cu precădere de emisfera cerebrală stingă, cele nesecvenţiale (deci concomitente, i-mediate, holistice) fiind în special tutelate de emisfera cerebrală dreaptă. în acest sens, putem spune că

percepţia continuului este controlată cu precădere de emisfera cerebrală dreaptă, despre care în mod traditional se considera că este sediul principal al emoţiei, afectivităţii şi senzorialului audio-vizual de tioul celuia cristalizat în muzică şi arte plastice. Faptul că sănătatea somatică şi psihică este condiţionată de echilibrul dintre activitătile celor două emisfere cerebrale arată că şi echilibrul dintre discret si continuu corespunde unei nevoi biologice şi psihice.

O serie de alte fapte trebuie evocate aici, privind istoria ontologiei. Parmenide şi Hera- clit au conceput gîndirea ca un flux continuu, a cărui cristalizare în vorbire reclamă o anumită stabilitate. Pentru a putea transmite un enunţ este necesară o anumită fixitate, cel puţin a cuvîntului. Insă cuvîntul şi limbaiul sînt discontinue, unităţile lingvistice fiind separate prin spatii albe. Segmentarea în unităţi determină repetiţia diferitelor unităti. Dfr această segmentare este de resortul sti-intei, de aceea mulţi fposofi considera că toate categoriile stiintei sînt domeniul nrln excelentă al discretului, dună cum catoo^rîiio filosofice constituie privilepiul continuului Pentru Ferdinand de Saussure. continuul sonor al vorbirii este o ..nebuloasă" cîtă vreme nu e supus analizei ştiintifice. într-o abordare prestiintifică. orice mărime semiotică eptp continuă : discretiza.rea este onera stiintei. în schimb. Bertrand Russ^ll considera că în lucruri actuale nu există decît discretul, continuul fiind o stare ideală. Anthonv Ralston (la care ne vom mai referii consideră, ca şi mulţi alţi autori, că situaţiile fizice pe care matematica îşi propune să le modeleze sînt sisteme discrete. De exemplu,

mişcarea unui corp este în fapt agregarea mişcărilor moleculelor sale discrete. însă numărul acestor molecule este atît de mare, încît numai considerarea lor ca un agregat duce la rezultate semnificative. Astfel ajungem să aproximăm discretul prin continuu.

Faptul că în matematică natura lucrurilor este considerată discretă, iar în discipline umaniste ea este considerată continuă arată caracterul de ipoteză al aserţiunilor respective. Deosebirea de punct de vedere se explică prin considerente privind deosebirea de problematică dintre cele două categorii de discipline. In disciplinele fizico-matematice plecăm de la percepţii continue (cum sînt cu precădere cele audio-vizuale), în timp ce în lingvistică şi în alte discipline umaniste şi sociale problema fundamentală a fost multă vreme degajarea unităţilor de bază, prin decuparea unei realităţi relativ abstracte, situate dincolo de observaţia imediată. Ipotezele noastre asupra naturii discrete sau continue a lucrurilor sînt mereu revizuite, în funcţie de capacitatea explicativă mai mult sau mai puţin satisfăcătoare pe care ele o manifestă. Repetiţia, formă continuă a discontinuului, trebuie con- trapusă schimbării, formă discontinuă a continuului. Deşi a enunţat un principiu de continuitate, Leibniz s-a referit la incompatibilitatea dintre continuul unui sistem teologic şi discontinuul secvenţialităţii, în timp ce Kierkegaard le-a reconciliat. Freud a asociat discontinuitatea în frază cu lapsusul, discontinuitatea în viaţă cu actul ratat, discontinuitatea în structura familială cu uciderea tatălui şi cu urmele pe care le lasă. Dar, formulînd principii care permit discontinuul, Freud nu poate evita aporiile continuului, după cum rezultă din psihologia sa colectivă.

Conexiune şi neîntrerupere

într-o reprezentare foarte răspîndită, distincţia discret-continuu este asimilată intuitiv cu aceea dintre întrerupt şi neîntrerupt. Este deci interesant să urmărim în ce fel şi în ce măsură a reuşit matematica să modeleze această distincţie fundamentală pentru numeroase domenii ale cunoaşterii.

Discretul este echivalat cu discontinuul. Terminologic, se vorbeşte în matematică despre continuu şi discontinuu atît în legătură cu mulţimile cît şi în legătură cu funcţiile. Ideea matematică de funcţie (uniform) continuă, în forma ei modernă (care se învaţă azi în penultima clasă de liceu) revine la faptul că variaţia valorii funcţiei devine oricît de mică dorim, de îndată ce variaţia argumentului devine suficient de mică. Formularea riguroasă a acestei situaţii a fost realizată încă în prima parte a secolului al XlX-lea. Timp de decenii, matematicienii au fost convinşi că proprietatea matematică de continuitate a unei funcţii reale pe un întreg interval real este echivalentă cu proprietatea funcţiei de a nu putea trece de la o valoare la alta fără să treacă prin toate valorile intermediare (aşa-numita proprietate a valorii intermediare). Această convingere ni se insinuează ori de cîte ori trasăm graficul unei funcţii continue şi constatăm că într-adevăr această trasare se poate face fără a ridica mîna de pe foaia de hîrtie, deci cu respectarea proprietăţii valorii intermediare. însă faptul empiric de a trasa graficul unei funcţii nu este posibil decît dacă funcţia admite (cu excepţia unui număr finit de puncte) derivată continuă. înţelegem astfel cît de restrînsă este zona activităţii noastre empirice, în raport cu marea generalitate şi varietate a funcţiilor

matematice pe care le putem concepe. Abia pe la 1875, datorită unui exemplu furnizat de Gaston Darboux, s-a văzut că cele două proprietăţi nu sînt echivalente. De atunci, proprietatea valorii intermediare este numită proprietatea lui Darboux. Pentru a înţelege relaţia dintre continuitate şi proprietatea lui Darboux, este necesar să aprofundăm în prealabil ideea de mulţime neîntreruptă. Cele mai interesante modele matematice ale acestei idei sînt de natură topologică. Aprecierea acestor modele trebuie făcută în raport cu situaţia pe care o avem în vedere. Să nu ne lăsăm furaţi de terminologie, dar nici să nu credem că terminologia este întîmplătoare.

După cum vom vedea, modelele matematice ale neîntreruperii sînt uneori incompatibile. Faptul acesta ne avertizează că ideea intuitivă de neîntrerupere nu acoperă totdeauna aceeaşi realitate. Problema adecvării unui model sau altul, în fiecare caz în parte, rămîne deschisă. Să ne referim mai întîi la ideea de conexiune. Ea înregistrează faptul intuitiv sugerat de expresia *a fi dintr-o singură bucată.* In mod corespunzător, o mulţime neconexă este formată din mai multe bucăţi. Un disc este evident o mulţime dintr-o singură bucată, dar două discuri situate la o anumită distanţă alcătuiesc o mulţime care nu mai este dintr-o singură bucată. Faţă de aceste situaţii clare, există alte situaţii mai puţin clare. Două discuri tangente exterior, considerate fără circumferinţe, alcătuiesc sau nu o mulţime dintr-o singură bucată ? Reuniunea graficului funcţiei sin(l/x) (pentru *x* cuprins strict între 0 şi 1) cu o parte oarecare a intervalului de lungime 2, centrat în origine, situat pe axa ordonatelor, este dintr-o singură bucată ? Simpla observaţie nu mai poate decide aici, simţim nevoia unei precizări a ideii de

bucată. Aceasta se realizează prin conceptul matematic de componentă conexă, rezultînd din considerarea unei relaţii de echivalenţă pe baza căreia două puncte sînt echivalente dacă există o mulţime conexă care le conţine. Dar ce este o mulţime conexă ? Definiţia este negativă, constînd în imposibilitatea descompunerii mulţimii în două părţi nevide care nu numai că sînt disjuncte, dar nu-s nici lipite, în sensul că nici una dintre ele nu conţine un punct de acumulare pentru cealaltă (adică un punct în vecinătatea căruia se aglomerează puncte ale celeilalte). O mulţime este dintr-o singură bucată dacă se reduce la o singură componentă conexă; altfel, are atîtea bucăţi cîte componente conexe are. Pe baza acestor criterii, se poate arăta că, în ceea ce priveşte cele două mulţimi considerate mai sus, prima (reuniune a două discuri deschise) este formată din două bucăţi, deci este neconexă (dar ar deveni conexă de îndată ce măcar unul dintre cele două discuri ar fi considerat împreună cu circumferinţa sa), dar a doua (definită cu ajutorul unui sinus) este formată dntr-o singură bucată, deci conexă.

Ce se întîmplă însă pe dreaptă, deci cu mulţimile unidimensionale ? Se poate arăta că aici o mulţime formată din cel puţin două puncte este conexă exact atunci cînd constă într-un interval. Evident, un interval este un exemplu foarte convingător de „mulţime neîntreruptă", deci distincţia conex-neconex modelează în acest caz în mod reuşit deosebirea neîntrerupt-întrerupt.

Convenind să echivalăm bucăţile unei mulţimi cu componentele ei conexe, este semnificativ să amintim conceptul topologic de mulţime total discontinuă :

este o mulţime care, privită ca un spaţiu topologic, are toate componentele conexe reduse la cîte un singur punct. Este vorba deci de cazul extrem de discontinuitate pe care o poate prezenta o mulţime. In spaţiul euclidian, exemplele cele mai simple de mulţimi total discontinue le constituie mulţimile finite, dar acestea sînt exemple destul de banale. Pe dreaptă, un exemplu nebanal de mulţime total discontinuă este celebra mulţime a lui Cantor, care se obţine din intervalul [0, 1] după ce eliminăm intervalul (1/3,2/3), apoi intervalele rămase sînt împărţite în cîte trei intervale egale şi din nou se elimină treimile de la mijloc, continuîndu-se în acest fel indefinit. Se constată fără dificultate că mulţimea lui Cantor este total discontinuă. Faptul acesta contrastează cu un altul : mulţimea lui Cantor este de puterea continuului, cu alte cuvinte se află în corespondenţă biunivocă (sau bijectivă) cu mulţimea numerelor reale. Realizăm astfel cît de derutantă este terminologia matematică, atît de lăudată pentru lipsa ei de ambiguitate. O aceeaşi mulţime este pe de o parte total discontinuă, pe de altă parte de puterea continuului.

Putem acum reveni la problema legăturii dintre continuitate şi proprietatea lui Darboux, pentru a semnala un rezultat deosebit de semnificativ în ceea ce priveşte legătura cu „mulţimile neîntrerupte". Fiind dată o mulţime A de numere reale, pentru ca orice funcţie reală definită şi continuă pe A să aibă proprietatea lui Darboux este necesar şi suficient ca A să fie o mulţime conexă (deci un interval sau o mulţime formată dintr-un singur punct). Cu alte cuvinte, între neîntre- ruperea mulţimii valorilor unei funcţii şi neîntreruperea mulţimii pe care

această funcţie este definită şi continuă există o legătură organică.

întreg şi parte; necuantificabilul

Substantivele unei limbi se repartizează în două clase, după cum ele se asociază sau nu cu un mod inerent de a-şi descompune referinţa. Astfel, substantive ca *măr, insectă, carte, pisică* au drept referent cîte o *mulţime* de *obiecte* sau de *indivizi* de o relativă omogenitate, această pluralitate a referentului exprimîndu-se prin opoziţia de num3r : *măr — mere, insectă — insecte, carte — cărţi, pisică — pisici.* în lingvistică se spune că aceste substantive sînt *numărabile,* dar, evident, termenul este întrebuinţat aipi într-o accepţiune diferită (chiar dacă nu total diferită) de aceea din teoria mulţimilor. Cert este că aceste substantive ascultă, toate, de o relaţie de tipul *element-mulţime.* Ele exprimă realităţi cuantificabile, discrete, subordonate unei logici a gloatelor (pentru a folosi un termen vechi, care subliniază eludarea deosebirilor dintre indivizi, în abordările de tip ansamblist; în terminologia matematică românească este cunoscută sintagma *teoria gloatelor,* folosită la începutul secolului nostru pentru a se desemna ceea ce ulterior avea să se numească *teoria mulţimilor).* In legătură cu substantivele numărabile, folosim aprecieri ca *mulţi, multe, puţini, puţine, un, o, nişte, unii, unele.*

De o altă natură sînt substantive ca *lapte, miere, unt, foc, aer, apă,* desemnînd diferite tipuri de substanţă, diferite stări ale materiei sau substantive ca *ură, dragoste, modestie,* desemnînd diferite stări sufleteşti, sentimente, atitudini. Acestea nu comportă o formă de plural

sau, dacă totuşi o atare formă este obţinută (uneori pe o cale oarecum forţată), este vorba de o schimbare de sens. Nimeni nu confundă pe *apă* ca tip de substanţă cu *apă* din opoziţia *apă-ape.* Substantivele de acest al doilea tip nu se asociază cu o referinţă de tip ansamblist. Uneori se spune că referinţa lor este cumulativă (suma părţilor care sînt *miere* este *miere).* Pentru astfel de substantive folosim aprecieri ca *mult, multă, puţin, puţină.* în lingvistică, aceste substantive se numesc uneori *nenumărabile* (aici accepţiunea depărtîndu-se considerabil de aceea din teoria mulţimilor, unde predicatul logic *ne- numărabil* se referă tot la relaţia *element- mulţime).*

Care este modelul matematic al substantivelor de al doilea tip ? Este evident că aceste substantive se asociază mai degrabă cu o reprezentare continuă decît cu una discretă, dar în ce sens trebuie să înţelegem aici distincţia *discret-continuu* ? Un răspuns interesant la această întrebare a fost dat de logicianul polonez Stanislaw Lesniewski (1886—1939), care a elaborat, începind din 1916, o teorie a relaţiilor de tip *parte-intreg,* relaţii de altă natură decît cele de tip *clement-mulţime.* Această teorie este cunoscută sub numele de *viereologie* (de la *meros,* care în limba greacă înseamnă *parte)* ; aparţine lui Lesniewski şi a trecut deja examenul unor aplicaţii relevante în biologie (J. H. Wood- ger, *The axiomatic method in biology,* Cambridge Univ. Press, 1937), în fonologie, în ceea ce priveşte problema trecerii de la continuul sonor acustic-fonetic la discretul sonor al fonologiei (Tadeusz Batog, *The axiomatic method in phonology,* Routledge & Kegan Paul, London, 1967) şi în sintaxă (V. F. Rickey, *A survey* ***of*** *Lesniewski's logic,*

Dept. of Mathematics, Bowling Green State Univ., Ohio, 1976).

La baza mereologiei se află functorul *pr* care înseamnă *parte proprie: a pr b* înseamnă că *a* este o parte proprie a lui b. Relaţia *pr* este tranzitivă (acest fapt o distinge de relaţia de apartenenţă din teoria mulţimilor, relaţie care, după cum se observă uşor, nu este tranzitivă) şi antisimetrică (dacă *a pr b,* atunci nu putem avea b pr a). Dacă ne-am opri aici, atunci relaţia *pr* nu s-ar deosebi cu nimic de relaţia de incluziune strictă din teoria mulţimilor ; insă Lesniewski introduce o axiomă conform căreia numai obiectele individuale au părţi. Mai urmează alte cîteva axiome care introduc „elementul" mereologic sub forma părţii nu neapărat proprii şi „clasa" mereologică (asociată întregului) ; două alte axiome specifică faptul că întregii mereologiei sînt unici şi că ei există dacă numele asociat este nevid. Sistemul lui Lesniewski a fost simplificat pînă la o singură axiomă (B. Sobocinski, *Studies in Lesniewski's mereology,* „Yearbook of the Polish Society of Arts and Sciences Abroad", 5, 19S4, p. 34—43 ; C. Lejewski, ***A*** *singlc axinm* ***for*** *the mereological notion of proper part,* „Notre Dame Journal of Formal Logic", 8, 1967, p. 279—285 ; P. J. Welsh, *Primitivity in mereology,* „Notre Dame Journal of Formal Logic", 19, 1978. p. 25—62 ; 355—385).

R. E. Clay *(Single axioms for atomistie and atomless mereology,* „Notre Dame Journal of Formal Logic", 16, 1975, p. 345—351) a dat un sens noţiunilor de *atom* şi de ***mereo-*** *logic alomistică*; acestea evocă, chiar prin denumirea lor, noţiunile de atom şi de (măsură atomică din teoria măsurii. O confruntare a acestora din urmă cu ideile lui Clay se impune. în raport cu o măsură

m, un atom *A* se defineşte prin proprietatea de a fi de măsură strict pozitivă, astfpl încît orice parte măsurabilă a lui *A* sau este de măsură nulâ sau are aceeaşi măsură ca şi *A.* Probabil aşa trebuie să ne imaginăm şi atomul lui Democrit; ca o piatră care nu poate fi dislocată în pietre mai mici. O măsură esti» atomică dacă există în raport cu ea măcar un atom; altfel, este neatomică. Despre o măsură neatomică se ştie că are o proprietate de tip Darboux : pentru orice mulţime măsurabilă *A* şi pentru orice număr *a* cuprins între zero şi măsura lui *A* există o parte a lui A de măsură egală cu *a.* Există însă şi măsuri atomice care au această proprietate de tip Darboux. Proprietatea lui Darboux a măsurilor atomice se află într-un anumit izomorfism cu proprietatea lui Darboux din teoria seriilor cu termeni pozitivi (seria de termen general $a_n > 0$ are proprietatea lui Darboux dacă pentru orice număr *a* cuprins între zero şi suma seriei există o subserie a cărei sumă este egală cu *a* ; a se vedea articolul nostru *On the Darboux property for atomic measures and for series with positive terms,* „Revue roumaine de mathematiques pures et appliquees", voi. 11, 1966, nr. 6, p. 641—646).

Mereologia ca generalizare a geometriei

Mereologia poate fi considerată drept partea cea mai generală a geometriei (G. Kiing, *Lesniewski's systems,* in W. Marciszewski ed., *Dictionary of Logic*, M. Nijhoff Publishers, 1981, p. 168—177), aşa

cum se poate vedea la autori ca Alfred Tarski (*Les fondements de la geometrie des corps,* in „Logic, Seman- tics, Metamathematics" Clarendon, Oxford, 1956) şi T. F. Sullivan (*Affine geometry having a solid as primitive,* „Notre Dame Journal of Formal Logic", 12, 1971, p. 1—61 ; *The name solid as primitive in projective geometry,* „Notre Dame Journal of Formal Logic", 13, 1972, p. 95—97; *The geometry of solids in Hilbert spaces,* „Notre Dame Journal of Formal Logic". 14, 1973, p. 573-580 ; *Tarski's definition of point in Banach* spaces, „Journal of Geometry", 3, 1973, p. 179—189) care au folosit mereologia pentru fundamentarea teoriei corpurilor solide.

Această includere a geometriei într-o viziune mereologică, deci de tipul relaţiilor parte- *întreg,* viziune atît de diferită de aceea a relaţiilor *element-mulţime,* poate fi corelată cu concepţia lui Rene Thom, după care geometria elementară oferă, mai mult decît alte discipline matematice şcolare, posibilitatea de a forma gîndirea elevilor, de a le stimula iniţiativa şi imaginaţia. Rene Thom invocă natura rutinară a celor mai multe probleme de algebră şi trigonometrie propuse în manualele şcolare, probleme care revin de obicei la manipulări de formule pe care elevii le preiau fără a le cunoaşte provenienţa. Geometria sintetică intuitivă (atît cea plană cît şi cea în spaţiu) ne pune, cu aproape fiecare problemă, în faţa unei situaţii care pretinde o veritabilă căutare, un act de imaginaţie, o idee cum ar fi aceea de a recurge la o anumită construcţie auxiliară. în rezolvarea unei probleme de geometrie există mai totdeauna o tatonare, un şir de încercări

eşuate, urmate uneori de o încercare reuşită.

Nu vom discuta aici, sub toate aspectele ei, concepţia lui Rene Thom privind matematica şcolară. O vom face într-o altă parte a acestei cărţi. Vom reţine numai legătura ei cu problema discretului şi continuului, care ne preocupă acum. în primul rînd, geometria stimulează capacitatea de observare a universului înconjurător sub aspectul său cel mai pregnant, care este cel vizual. Se spune chiar că geometria presupune capacitatea de a vedea in spaţiu, fară de care ne-am orienta mai greu în imaginarea acelor construcţii auxiliare adecvate care intervin în rezolvarea unei probleme de geometrie. Am putea spune deci că prin locul important pe care-l acordă intuitivului şi, în particular, vizualului, geometria solicită intr-o măsură mai mare decit algebra contribuţia emisierei cerebrale drepte. Dar acest fapt se află în directă legătură cu percepţia relaţiilor parte-întreg, care prevalează in geometrie iaţă de percepţia relaţiilor element- mulţime. Cu alte cuvinte, fără a nega posibilitatea de a considera un cilindru sau o piramidă oa o mulţime de puncte avînd drept submulţime un con, respectiv un trunchi de piramidă, nu aceste relaţii de tip ansamblist şi analitic sînt cele care ne ghidează în intuiţiile şi iniţiativele noastre, in tentativa de a rezolva o problemă de geometrie, ci cele de tip mereologic, holistic. Atribuindu-i lui Rene Thom acest mod de a vedea, ne bazăm şi pe o altă idee a sa, asupra căreia a insistat in numeroase ocazii. în contrast cu mulţi autori care consideră că modelele discrete au o capacitate explicativă superioară celor continue, Ilene Thom pledează pentru superioritatea modelelor continue, condiţionînd succesul modelelor

matematice în discipline ca biologia sau lingvistica de utilizarea matematicii continue. în această idee a sa se află, în bună măsură, legitimarea folosirii topologiei diferenţiale în ştiinţele vieţii şi în cele social-uma- niste. Teoria catastrofelor se încadrează tocmai în această ordine de idei, în care intuiţia fizică are un rol hotărîtor, conceptele de bază fiind cele întîlnite în mecanica clasică : varietăţi diferenţiabile, cîmpuri de vectori, sisteme dinamice. Spaţiul-timp cu patru dimensiuni este direct implicat.

Pentru a înţelege însemnătatea, şi noutatea punctului de vedere al lui Rene Thom trebuie să amintim faptul că în lingvistică şi, în bună măsură după exemplul ei, în celelalte discipline umaniste şi sociale au fost folosite aproape exclusiv modele discrete. Aşezarea disciplinelor social-umaniste în raza de acţiune a modelelor discrete nu a fost numai o- chestiune de comoditate, ci şi una de principiu. L-am menţionat, în această privinţă, pe Fer- dinand de Saussure, după care ştiinţa începe prin desprinderea de continuul perceptiv şi intuitiv şi traoziţia spre discret. Tendinţa de a baza explorarea unei discipline pe o reprezentare sub formă de limbaj nu face decît să dezvolte mai departe ideea lui F. de Saussure. Intră aici studiul eredităţii ca limbaj în care acizii nucleici sînt cuvinte pe alfabetul celor patru tipuri de nucleotizi. Tot aici intră studiul acţiunilor umane ca secvenţe finite pe un anumit alfabet de acţiuni elementare (Maria Nowakowska, *Language of motivation and lan- guage of actions,* Mouton, Haga, 1973). Exemplele pot continua indefinit (a se vedea articolul nostru *Learning, as a generative pro- cess,* „Revue roumaine de linguistique — Cahiers de linguistique theorique et appli-

quee", voi. 16, 1979, nr. 2, p. 117—130). în toate aceste cazuri se pleacă de la ipoteza posibilităţii de a cuantifica anumite acţiuni, fenomene, procese, cu ajutorul unui alfabet. In acest fel se instaurează nu numai o viziune an- samblistă ci şi, în cadrul acestei viziuni an- sambliste, a unei reprezentări liniare, secvenţiale, care condiţionează orice structură de limbaj. Faţă de o atare viziune, reprezentarea întreg-parte este de cu totul altă natură.

Putem deci spune că distincţia intuitivă cuantificabil-necuantificabil, aşa cum se reflectă ea în mereologia lui Lesniewski, opune relaţia întreg-parte *tuturor* relaţiilor de tip ansamblist. în acest fel, pînă şi mulţimea numerelor reale, prin simplul fapt că are statut de mulţime alcătuită din elemente legate de mulţime prin relaţia de apartenenţă, se situează în zona cuantificabilului, deci într-un anume sens a discretului.

întorcîndu-ne acum la discuţia despre geometrie, putem înţelege scrupulele unor autori la care nevoia de rigoare se asociază cu viziunea ansamblistă. Faptul acesta se reflectă şi în terminologie. Cazurile de egalitate a tri- unghiurilor devin cazurile de congruenţă a triunghiurilor, deoarece triunghiurile sînt asimilate cu mulţimi de puncte, iar egalitatea a două mulţimi înseamnă faptul că ele conţin exact aceleaşi elemente. Fără a nega avantajele unor disocieri de acest fel, rămîne totuşi de văzut dacă ele compensează minusul de in- tuitivitate pe care-l înregistrează geometria plasată într-o atare perspectivă.

Discretul ştiinţific şi continuul poetic

Oontinuînd şi dezvoltînd ideile lui Pius Ser- vien, am argumentat în *Poetica matematică* faptul că semnificaţia ştiinţifică este discretă iar semnificaţia poetică este continuă, în sensul că prima se prezintă ca un şir de puncte răzleţe, iar a doua ca o linie neîntreruptă. O singură secvenţă poetică are mai multe semnificaţii (anume, o mulţime de puterea continuului de semnificaţii) decît toate secvenţele ştiinţifice la un lcc (mulţimea tuturor semnificaţiilor ştiinţifice este numărabilă). Legitimarea acestor aserţiuni se sprijină pe următoarea ipoteză formulată de Pius Servieh *(Le langage des sciences,* „Actualites scientifiques et industrielles", Paris, 1938 ; o versiune românească a *Esteticii* lui Servien, care dezvoltă de asemenea ideile pe oare le avem î,n vedere aici, a apărut la Editura Ştiinţifică în 1975). Limbajul ştiinţific (în forma sa ideală) este lipsit de omonimie, avînd în schimb o sinonimie infinită. Prin contrast, limbajul poetic (în forma sa supremă) este lipsit de sinonimie, fiind însă înzestrat cu o omonimie infinită. Să încercăm să explicăm despre ce este vorba.

în limbajul ştiinţific, prin intermediul componenţei artificiale, căutăm să eliminăm orice ambiguitate, tinzînd deci către absenţa totală a omonimiei. Pe de altă parte^ orice enunţ ştiinţific poate fi reformulat într-o infinitate de feluri, fără a i se modifica semnificaţia. (De exemplu, o teoremă se poate enunţa într-o infinitate de feluri, iar o demonstraţie se bazează de multe ori pe diferite parafrazări ale ipotezelor sau ale concluziei. Adunarea şi scăderea unui aceluiaşi termen, pentru a pune în evidenţă o anumită expresie, sau

scrierea unei inegalităţi în care apare un modul sub forma a două inegalităţi fără modul sînt tocmai astfel de înlocuiri ale unui enunţ cu un altul, echivalent cu primul). Rezultă astfel că, notînd cu S mulţimea semnificaţiilor ştiinţifice şi cu F mulţimea frazelor din limbajul ştiinţific, există o funcţie / care aplică pe F pe *S,* deci care asociază fiecărei fraze *x* din F o semnificaţie unică *s(x)* din *S,* fiecare element din S fiind corespondentul unui element din F. Cu alte cuvinte, există o corespondenţă bijectivă între S şi o parte a lui F. însă elementele din F sînt secvenţe finite pe un acelaşi alfabet *A,* de asemenea finit, deci *F* pste o mulţime numărabilă ; cu atît mai mult orice parte a lui F este cel mult numărabilă. De aici rezultă că mulţimea *S* este numărabilă.

Ce se întîmpiă în limbajul poetic ? Aici, fie care frază este sesizată cu o semnificaţie care depinde de timp. într-o situaţie-limită ideală putem accepta că la fiecare moment semnifica- ţia unei fraze poetice este un unicat, deci di' ferită de toate semnificaţiile aceleiaşi fraze la diferite momente anterioare. însă orice interval temporal (fie el finit sau infinit) conţine o infinitate nenumărabilă (mai precis, de puterea continuului) de momente distincte. Rezultă astfel că o singură frază este sesizată, chiar numai de o singură presoană, cu un continuum de semnificaţii.

în *Poetica matematică* am arătat că această distincţie de cardinalitate între limbajul ştiinţific şi cel poetic (distincţie care ia forma numărabil-continuu) se prelungeşte cu o distincţie de natură topologică. Aceste cercetări au fost continuate de mai mulţi cercetători ; am prezentat rezultatele lor în cartea *Din ginclirea matematică românească* (Editura

Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1975, p. 194—206).'Din- tre ele, vom reţine aici pe aceea efectuată de I. I. Revzin *(On the continuous nature of poetic semantics,* Poetics, voi. 10, 1974, p. 21— 26). Punctul de plecare al lui Revzin îl constituie faptul că demonstraţia de mai sus a naturii continuo a semanticii poetico se sprijină nu pe structura internă a limbajului poetic, ci pe modul în care acest limbaj este sesizat. Cu alte cuvinte, natura continuă a semanticii poetice este de fapt un atribut al *l? cturii* limbajului poctic. Revzin şi-a pus problema dacă nu se poate identifica acest atribut al continuităţii ca o proprietate imanentă (nu derivată) a semanticii poetice, independent de relaţia textului cu cititorul. Să nu pierdem din vedere faptul că în demonstraţia de mai sus continuitatea semanticii poetice a fost o consecinţă a continuităţii parametrului *timp.*

Insă nenumărabilitatea mulţimii de semnificaţii poetice poate fi explicată pornind de Ia structura internă a discursului poetic. Să presupunem, într-adevăr, că elementele acestui discurs (de exemplu cuvintele sale) sînt reprezentate în raport cu un număr de *n* mărci semantice, care pot fi combinate în diferite moduri. Numărul combinaţiilor posibile cu aceste mărci este, după cum se ştie, egal cu 2 la puterea a n-a. Rezultă că aceeaşi putere a lui 2 constituie numărul semnificaţiilor teoretice posibile ale discursului poetic considerat. Mărcile semantice sînt distribuite pe diferite niveluri de generalitate. Astfel, un prim nivel ar putea conţine două mărci, *abstract* şi *concret,* al doilea nivel ar conţine patru mărci (*conceptual* şi *neconceptual* ca varietăţi ale lui *abstract* şi *terestru* şi *non-terestru* ca varietăţi ale lui *concret),* un al

treilea nivel ar putea conţine opt mărci (printre care *senzorial, nesenzorial, animat, inanimat),* un al patrulea nivel ar avea 24 = 16 mărci (printre care *uman, nonuman, uniregn, pluriregn),* al cincilea nivel ar avea 25 = 32 mărci (printre care *vegetal* şi *mineral)* etc. Numărul nivelurilor este practic nelimitat, deci mulţimea mărcilor semantice este infinită, dar numărabilă. însă mulţimea părţilor unei mulţimi numărabile nu este numărabilă ; dacă admitem ipoteza continuului (care afirmă că cel mai mic număr cardinal nenumărabil este cel al continuului}, rezultă că numărul cardinal al mulţimii de combinaţii posibile de mărci semantice este. într-un discurs poetic, de puterea continuului. Insă, datorită structurii conotative a discursului poetic, orice combinaţie posibilă de mărci semantice corespunde unei posibile semnificaţii a discursului poetic ; deci mulţimea acestor semnificaţii este continuă.

După cum vedem, continuitatea devine astfel o consecinţă a organizării interne a discursului poetic. Pornind de aici putem regăsi şi structura topologică a limbajului poetic (a se vedea p. 202—204 din cartea noastră *Din gîndirea matematică românească).*

Să observăm, împreună cu I. I. Revzin, că asocierea distincţiei *ştiinţific-poelic* cu distincţia *discret-continuu* a fost intuită şi postulată de matematicieni ca A. N. Kolmogorov (a se vedea cartea lui I. I. Revzin, *Strukturno tipologiceskie issledovanie,* Moscova, 1962, p. 296) şi de poeţi ca O. Mandelstam. Este însă clar faptul că, independent de calea folosită, atributul continuităţii se referă la o ipostază-limită ideală a limbajului poetic, la o ijpoteză explicativă privind

organizarea şi funcţionarea acestui limbaj şi nu la o realizare efectivă a sa.

Matematica discretă o detronează pe cea continuă ?

în culegerea de eseuri editată de Lynn Ar- thur Steen, intitulată sugestiv *Matematica miine (Mathematics Tomorrow,* Springer Ver- lag, New York, 1981) atrage atenţia, în legătură cu problema discretului şi continuului, care ne preocupă acum, articolul lui Anthony Ralston, profesor de informatică matematică la Universitatea de stat din Buffalo — New York, autor şi editor al mai multor cărţi de specialitate. Titlul partizan al eseului lui Ralston, *Declinul Calculului diferenţial şi integral, creşterea Matematicii discrete (The Decline of Calculus — The Rise of Discrete Mathematics,* p. 213—220 în culegerea menţionată) ne provoacă la o replică.

Mai întîi, observăm asimilarea Analizei matematice cu matematica continuă, eludîndu-se faptul că întreaga teorie a şirurilor şi a seriilor, fundamentală în Analiză, este un capitol de matematică discretă. Ralston precizează că include în matematica discretă acele ramuri ale matematicii care se bazează în întregime sau în primul rînd pe obiecte discrete : Com- binatoricâ, Teoria grafurilor, Algebra abstractă, Algebra liniară, Teoria numerelor şi Probabilităţi discrete. Desigur, Ralston nu a intenţionat să dea o listă exhaustivă a domeniilor matematicii discrete. Argumentul său principal, în favoarea matematicii discrete, este dezvoltarea tot mai mare a calculatoarelor electronice şi, implicit, a acelei matematici care intervine, direct sau indirect, in

elaborarea şi analiza algoritmilor a căror implementare sînt programele de calculator. Din acest punct de vedere, într-adevăr, matematica cea mai importantă tinde să fie nu Calculul diferenţial şi integral care figurează în mod tradiţional în programele de învăţămînt ale multor institute de invăţămint superior, ci diferite domenii de matematică discretă.

Această ultimă constatare corespunde realităţii şi îşi are o explicaţie istorică. Secolul al XIX-lea şi secolul nostru au cunoscut o dezvoltare vertiginoasă a Analizei matematice, situaţie care l-a condus pe marele matematician John von Neumann (creatorul teoriei matematice a jocurilor şi unul dintre pionierii construirii calculatoarelor electronice moderne) să constate, în 1951, că Analiza matematică este, dintre toate ramurile matematicii, cea mai elaborată din punct de vedere tehnic şi cea care a repurtat cele mai mari succese. Consecinţele acestei situaţii sînt încă vizibile în revistele internaţionale de referate în domeniul matematicii, reviste care şi acum se văd obligate să consacre mai multe pagini Analizei şi ramurilor adiacente decît domeniilor discrete ale matematicii.

Este important să observăm că dezvoltarea calculului diferenţial şi integral, a teoriei ecuaţiilor diferenţiale şi integrale, a teoriei funcţiilor de variabilă complexă şi a analizei funcţionale, toate ramuri ale Analizei, a fost în mare măsură stimulată de dezvoltarea fizicii, chimiei şi ingineriilor energetice care au dominat dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii în secolele anterioare. Această situaţie a creat o puternică tradiţie a învăţămîntului de Analiză matematică în universităţi şi politehnici, în institute de învăţămînt superior în general. Aceasta era situaţia în

momentul în care, în urmă cu cîteva decenii, au început să se dezvolte ingineriile informaţionale (la baza cărora se află informatica, adică ştiinţa calculatoarelor, şi teoria informaţiei, iniţiată de Claude Shannon). Învăţămîntul, cu binecunoscuta-i inerţie (un singur exemplu : analiza epsilon, iniţiată de Cauchy în prima jumătate a secolului al 19-lea, a avut nevoie de peste o sută de ani pentru a putea pătrunde în programele matematice şcolare şi universitare) nu a fost capabil nicăieri în lume să reacţioneze cu promptitudine la noua situaţie. Dar orice întîrziere în această privinţă este profund dăunătoare. Tocmai acesta este avertismentul principal pe care ni-l adresează Anthony Ralston ; el ne atrage atenţia că apariţia şi dezvoltarea calculatoarelor digitale nu este un eveniment ştiinţific oarecare, ci probabil cel mai important eveniment în domeniul ştiinţei şi tehnologiei, de la apariţia tiparului.

Consecinţele sociale ale acestui eveniment sînt atît de mari, încît este o iluzie să credem că învăţămîntul îşi poate permite mult timp să nu înregistreze, cu amploarea corespunzătoare, mutaţia care s-a produs. Ingineriile informaţionale au devenit acum la fel de importante (după unii, mai importante) ca şi ingineriile energetice şi, spre deosebire de acestea din urmă, care se sprijineau exclusiv pe ştiinţele naturii, se bazează atît pe ştiinţele naturii cît şi pe unele discipline social-umaniste ca lingvistica şi semiotica (am dezvoltat acest aspect în articolul *A primordial domain* o/ *the revo- lution* in *science and technology: The huma- nistic engineering,* în volumul colectiv *The revolution in science and technology and con- temporary social development,* Editura Academiei R.S.R., 1974, p. 207—

219). Ralston invocă pe Wallace Givcns (1960) : „Exista un faţ simplu şi fundamental privind calculatoarei . un fapt care, în deceniile şi secolele urm', toare, va afecta profund nu atît ceea ce matematica a acumulat, cît ceea ce este considerat important în matematică. Acest fapt este fini- tudinea".

Din acest citat şi din ansamblul exemplelor date, înţelegem că Ralston are tendinţa de a asimila discretul cu finitul, estompînd întinsele zone ale discretului nefinit. Adevărul este că nici finitul nu este, în *toate accepţiunile,* discret ; astfel, o mulţime finită *A* înzestrată cu topologia în care *A* şi partea vidă sînt singurele mulţimi deschise, nu conţine nici un punct izolat. Excluzînd însă o atare situaţie artificială, finitul este forma cea mai manifestă, mai pregnantă, a discretului, dar în acelaşi timp discretul nefinit (de exemplu, sub forma şirurilor infinite) este forma cea mai profundă a sa.

Ralston recunoaşte că Analiza matematică va continua să se dezvolte şi să repurteze multe succese, provocată fiind numai poziţia ei dominatoare în matematică şi în aplicaţiile ei. Matematica discretă detronează Analiza, pare să lie ideea sa principală. Vom continua să ne ocupăm de ea in paragraful următor.

Discretul algoritmic, după D. E. Knuth

Este răspîndit obiceiul de a pune titluri şocante pentru a obţine un efect de ordin retoric. Aşa a procedat şi A. Ralston cînd a ales pentru articolul său (la care ne-am referit anterior) un titlu despre *declinul calculului diferenţial şi integral.* De fapt, în articol el afirmă chiar contrariul, cînd accentuează că întreaga Analiză

matematică clasică va continua să se bucure de mult succes. Dsr, pretinde Ralston, succesul matematicii discrete va fi, în următoarele decenii, mai mare decît cel al matematicii continue ; poziţia dominantă pe care aceasta din urmă a avut-o în matematică şi în aplicaţiile ei va înceta, pe locul întîi al atenţiei trecînd matematica discretă.

Desigur, în dezvoltarea unei ştiinţe diferitele ei compartimente se dezvoltă inegal. De exemplu, despre secolul al XlX-lea s-a afirmat uneori că a fost, pentru Analiza matematică, secolul teoriei funcţiilor de o variabilă complexă. Este cert, de asemenea, că apariţia şi dezvoltarea calculatoarelor constituie un extraordinar stimulent al dezvoltării, în secolul nostru, a matematicilor discrete. (Continuul este, într-o abordare raţională, o stare-limită a discretului, deci are o existenţă doar potenţială, virtuală, care contrastează cu natura efectivă şi constructivă a proceselor la care se referă un program de calculator). Insă de aici pînă la a elabora şi reelabora mereu ierarhii ale diferitelor compartimente ale unei ştiinţe este o cale lungă. Aceste ierarhii au fost mereu contrazise şi răsturnate. Cu atît mai mult este oţioasă încercarea de a departaja după importanţă discretul şi continuul, entităţi care nu pot fi concepute decît împreună, într-o tensiune antinomică. Să luăm una dintre noţiunile cele mai tipice pentru matematica continuă, noţiunea de integrală, pe care o învaţă azi elevii ultimei clase de liceu. Ce este de fapt o funcţie integrabilă ? La ce altceva revine această proprietate decît la un anumit comportament al unor sume finite asociate funcţiei considerate ? Invers, cît de profund am putea pătrunde în studiul

matematicii discrete dacă ne-am refuza posibilitatea de a ne prevala de diferite procese de trecere la limită ? Cum ar fi arătat studiul numerelor prime fără sprijinul Analizei ? Cum am putea înţelege numărul raţional fără ipostaza sa de număr real şi cum l-am putea înţelege pe acesta din urmă fără aproximările sale raţionale ?

Dincolo de aceste argumente care vizează modul organic în care reprezentarea discretă şi cea continuă sînt inculcate percepţiei umane a realităţii, numeroase alte argumente sprijină aceeaşi idee a echilibrului dintre discret şi continuu. Ambele tipuri de matematică sînt în atenţia unui număr imens de cercetători ; în multe cazuri, un acelaşi articol aparţine în mod egal topologiei şi algebrei, analizei şi combinatoricii.

însă, de fapt, obiectul principal al articolului lui Ralston este altul. El constată că, aşa cum am observat în paragraful anterior, învă- ţământul matematic nu a înregistrat încă mutaţia produsă de calculator şi nu acordă matematicii discrete (cerute de informatica matematică) suficientă atenţie, nu o aşează încă în programele de învăţământ, pe un loc la fel de important ca cel ocupat de Analiză. în mod explicit, Ralston are în vedere în primul rînd studiul procedeelor cu caracter algoritmic. Prin aceasta, Ralston surprinde o anomalie pe care n-avem voie s-o subestimăm. Este adevărat că el are în vedere programele de învăţământ din Statele Unite ale Americii, dar anomalia este generală. Gîndirea algoritmică este, fără îndoială, o parte esenţială a matematicii discrete, care-şi face loc tot mai mult în toate domeniile de activitate (a se vedea şi lucrarea noastră

Gîndirea algoritmică, Editura Tehnică, 1981). Dar în ce constă specificul acestei gîn- diri în raport cu gîndirea matematică în general ? Un experiment interesant a fost efectuat, în acest sens, de Donald E. Knuth, unul dintre cei mai importanţi cercetători în informatica matematică (a se vedea articolul său *Algo- rithms in Modern Mathematics and Computer Science* în volumul colectiv cu acelaşi titlu editat de A. P. Ershov şi D. E. Knuth în seria „Lecture Notes in Computer Science", nr. 122, Springer Verlag, Berlin, 1981, p. 82—99). Knuth a ales 9 cărţi importante de matematică dintre cele mai variate (autorii lor : Tho- mas, Lavrentiev, Kelley, Euler, Zariski,
Kleene, Knuth, Polya, Bishop) şi a analizat ce anume se întîmplă la pagina 100 a fiecăreia dintre aceste cărţi. Rezultatele au fost înregistrate în raport cu următoarele aspecte : manipulări de formule, reprezentări ale realităţii, comportament al valorilor unei funcţii, reducerea la unele probleme mai simple, studiul unei forme de infinitate, generalizare, raţionament abstract, structuri ale unor informaţii, algoritmi. Considerînd un tablou în care fiecărei linii îi asociem (în ordinea indicată) pe unul dintre cei 9 autori specificaţi şi fiecărei coloane cîte unul dintre aspectele specificate (în ordinea indicată), Knuth a notat cu *xx* prezenţa masivă a unui aspect şi cu *x* prezenţa sa moderată.

	1	2	3	4	5	6	7	8	y
1	XX	XX	Xx						
2	xX		X		XX				
3	X					XX	Xx		

4	x x		x x	x		x x			x
3	X			x	X x	x	x x	x x	
6	X					x x	x x		x
7	x x	x		x					
8	x x		x x	x x	x x				
9	x x		x x	x x		x	x x	x x	x
1 0	x	x x		x x			x x	x x	x x

Linia a zecea a tabloului este consacrată gîndirii algoritmice. Knuth observă că din cele 9 cărţi considerate sînt absente două tipuri de gîndire esenţială în informatică (poate, deci, că ele dau diferenţa specifică dintre informatică şi matematică) : *gîndirea complexităţii unei operaţii* (matematica lui Bishop e constructivă, dar nu conţine toate ingredientele unui algoritm, deoarece ignoră „costul" construcţiilor sale) şi *ideea de operaţie de atribuire (assignment operation):* =, care schimbă valorile cantităţilor (cu alte cuvinte, lipseşte noţiunea dinamică de *stare* a unui proces : Cum am ajuns aici ? Ce se întîmplă acufn ? Ce urmează să se întîmple ?). Structurile de date, atît de importante în informatică, implică esenţial capacitatea de a raţiona asupra stărilor unui proces, fără de care nu putem înţelege nici interacţiunea unor procese diferite. Cel mai simplu exemplu de operaţie de atribuire este de tipul *n : = n + 1.* Ea apare timid la Euler, dar, pretinde Knuth, **j.** von Neumann nu era încă în posesia acestei operaţii în primele

sale scrieri privind programarea calculatoarelor.

Ofensiva discretului

Există azi în ştiinţă o ofensivă a discretului şi a finitului, determinată în mare măsură de dezvoltarea calculatoarelor electronice. în faţa acestei ofensive, matematica a fost surprinsă numai pe jumătate pregătită. Aşa se face că în multe ţări departamentele de matematică n-au reuşit să ofere o primire corespunzătoare noului venit. Rezultatul ? Crearea unor departamente de informatică separate de cele de matematică. Desigur, această separare are şi alte cauze, pe care nu le discutăm aici. Multe iniţiative privind intensificarea preocupărilor de matematică discretă vin din partea infor- maticienilor. Pentru a avea o imagine a acestui fenomen, este suficient să ne referim la numeroasele periodice dedicate matematicii discrete, care au început să apară în ultimii 15 ani. Revista „Discrete Mathematics" cuprinde toate domeniile teoretice ale matematicii discrete : Combinatorică, Teoria graf urilor, Teoria reţelelor, Teoria codurilor, Teoria laticelor, Teoria mulţimilor ordonate, Geometrie combinatorie, Teoria matroizilor, Logica, Teoria automatelor, Matrici, Poliedre, Probabilităţi discrete etc. Insă multe dintre domeniile matematicii discrete (cum ar fi Combi- natorica, Teoria grafurilor, Logica etc.) îşi au revistele lor speciale. Revista „Discrete Applied Mathematics" este dedicată unor domenii aplicative ale matematicii discrete : Optimizarea discretă, Teoria utilităţii, Structuri preferenţiale, Biologie matematică, Sociologie matematică, Chimie matematică, Teoria jocurilor, Teoria

orarelor etc. Numeroase reviste sînt dedicate Algebrei : „Journal of Algebra", „Journal of Pure and Applied Algebra", „Linear Algebra Applied", „Linear and Multilinear Algebra", „Algebra i Logika", „Comm- Algebra". Vin apoi revistele de teoria numerelor, cum ar fi „Acta Arithmetica".

O deosebită amploare au luat publicaţiile născute direct din nevoile de matematică discretă. ale informaticii. O serie specială, „Lec- ture Notes in Computer Science", este publicată de editura Springer, reviste ca „Fundamenta Informaticae", „Acta Informatica", „Communications of the Association for Comput. Mach.", „Journal of the Association for Comput. Mach.", „Computaţional Linguis- tics & Computer Languages", „Computing, In- formations Processing Letter", „Theoretical Computer Science", „SIAM Journal of Comput.", „Networks", „RAIRO Informatique Theorique", „Izd. Akad. Nauk SSSR Tehn. Kibernet.", „SIAM Journal of Discrete Methods", „Prague Bulletin of Mathematical Lin- guistics", „Prague Studies of Mathematical Linguistics", „Artificial Intelligence", „Pattern Recognition", „Machine Intelligence", „BIT", „IEEE Trans. Comput.", „Comput. Surveys", „RAIRO Inform.", „Journal of Algorithms", „International Journal of Man. Machine Stud.", „Kibernetika" (Kiev), „Information and Control", „Kybernetika" (Praga). De un mare interes este periodicul „Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science", imagine vie a activităţii febrile din Europa în informatica matematică. Iată rubricile acestui periodic : Informaţii, Contribuţii tehnice, Bibliografie; Reuniuni recente, Anunţuri de noi reuniuni, Calendarul

evenimentelor, Recenzii de cărţi, Probleme şi soluţii, Rezumate de teze de doctorat etc.

Calculatorul electronic, cu vitezele sale în continuă creştere, creează matematicii o perspectivă nouă, deoarece o serie de calcule care înainte nu puteau fi decît concepute, dar nu efectuate, devin astăzi posibile. Cel ma' mare număr prim cunoscut înainte de apar' .a calculatoarelor era un număr de 39 f[3] cifre : p = 170.141.183.460.469.231.731.687.303.715.884. 105.727. însă factorialul lui p—2 nu a fost evaluat de nici un calculator. Numai pentru a-l scrie ar fi nevoie de mai multă hîrtie decît în toate cărţile lumii. între aceste limite, calculatorul permite totuşi să se cunoască numere prime din ce în ce mai mari. Aici trebuie să ţinem seamă şi de faptul următor : caracterul prim sau neprim al unui număr nu este totdeauna efectiv, constructiv. Astfel, H. Steinhaus a semnalat că dacă se scade o unitate din puterea de exponent 257 a lui 2, atunci se obţine un număr neprim de 78 de cifre ; dar divizorii acestui număr încă nu sînt cunoscuţi (cel puţin aceasta era situaţia pînă prin 1978). Este lesne de înţeles că probleme de acest fel, numeroase în domenii ca teoria numerelor, teoria grupurilor finite, teoria gra- furilor, profită tot mai mult de ajutorul calculatorului. Diferite ipoteze privind proprietăţi care depind de numărul natural n pot fi testate pentru valori din ce în ce mai mari ale lui *n,* fie pentru a se mări plauzibilitatea lor, fie pentru a le infirma. în această privinţă, însă, trebuie manifestată multă prudenţă.

Milioanele de cazuri în care ipoteza lui Riemann a fost verificată cu ajutorul calculatorului nu au condus la validarea

acestei ipoteze. Un alt exemplu : în 1914, J. E. Little- wood a arătat că o anumită ecuaţie este verificată pentru toate numerele inferioare unei valori numite azi *constanta lui Littlewood,* dar există o infinitate de numere superioare acestei constante, pentru care ecuaţia nu mai este verificată ; numai că această constantă a lui Littlewood este mai mare decît puterea de exponent 100 a lui 10, putere care întrece numărul tuturor atomilor din universul vizibil. Cît timp va mai trebui să treacă pentru ca un rezultat de acest fel să poată fi obţinut cu ajutorul calculatorului ? Un ultim exemplti din teoria numerelor se va referi la o conjectură datînd încă din antichitate : există o infinitate de perechi de numere prime gemene, adică de numere prime care diferă prin 2 (cum ?r fi 17 şi 19, sau 29 şi 31 sau 41 şi 43). Relativ recent, matematicianul chinez Jing-Run Chen a demonstrat că există o infinitate de perechi de numere consecutive impare p, $p + 2$, unde p este prim iar p + 2 ?rn cel mult doi factori primi. Demonstraţia lui Chen este foarte lungă şi foloseşte m?i tot ce se ştie mai important în teoria numerelor. Dacă însă ipoteza privind infinitatea mulţimii de numer? prime gemene este falsă, atunci calculatorul oferă o şansă de producere a contraexemplu- lui mult aşteptat.

Discret, continuu şi iar discret

Deosebit de spectaculoasă este influenţa calculatorului asupra Analizei matematice. Analiza numerică a intrat astfel într-o nouă etapă, în care calculul aproximativ se plasează în centrul atenţiei. într-adevăr,

aproximarea continuului prin discret, a discretului prin finit devine din ce în ce mai eficace, prin creşterea considerabilă a capacităţilor de calcul. în locul tradiţionalelor formule analitice în rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale sau integrale, în locul evaluării integralelor cu ajutorul funcţiilor primitive, atenţia se îndreaptă tot mai mult spre ecuaţiile cu diferenţe ca aproximare a unor ecuaţii diferenţiale, **spre** sume finite ca aproximaţii ale unor integrale. Prevalarea aspectului numeric a determinat o abordare directă, care nu mai trece prin arsenalul aşa- numitelor funcţii speciale, atît de importante în tradiţia fizicii matematice. Apar astfel domenii noi, cum ar fi Metoda elementului finit, folosită mult în inginerie, de exemplu în construcţiile de clădiri, poduri sau baraje. In locul problemelor la limită, în spiritul tradiţional al Analizei matematice, inginerii preferă tot mai mult metodele directe de minimizare sau rezolvare aproximativă, prin interpolare, a ecuaţiilor diferenţiale. în ansamblu, putem spune că dezvoltarea calculatoarelor digitale a modificat profund însuşi modul de formulare (şi cu atît mai mult de soluţionare) **a** problemelor matematice care apar în inginerie.

Dar nu cumva ne învîrtim într-un cerc vicios ? După ce am definit derivata pornind de la diferenţe şi integrala pornind de la sume, acum facem calea întoarsă de la derivate la diferenţe şi de la integrale la sume. Am definit continuul ca limită a discretului şi acum punem problema discretizării continuului. Cu alte cuvinte, drumul de la discret la discret trece prin... continuu. Nu este aceasta o complicare

inutilă a lucrurilor ? Nu, nu este. Modelarea prin funcţii continue a unor fenomene discrete foarte complicate este în primul rînd o necesitate conceptual teoretică. Viteza la un anumit moment nu e doar calculată, ci şi definită prin derivată, tot aşa cum integrala ne învaţă să dăm un sens noţiunii de arie a unui domeniu de un anume tip. Expresiile finite prin care discretizăm o derivată sau o integrală sînt incomparabil mai simple decît fenomenele discrete care au fost modelate cu ajutorul derivatei sau integralei. In principiu, am putea, desigur, să modelăm fenomenele discrete cu aparatul matematicilor discrete, dar calculele implicate de o atare modelare ar fi atît de complicate, încît nu am putea să le facem faţă nici cu cele mai puternice calculatoare actualmente disponibile. Ce se va întîm- pla însă în viitor, cu marile perspective deschise de microprocesoare ? Anthony Ralston este de părere că nu putem încă anticipa data la care se va putea stabili o conexiune *directă* între realitatea fizică şi practica de calcul. Nu este însă exclus ca între discretul realităţii şi cel rezultat din aproximarea discretă a modelelor continue ale acestei realităţi să se menţină mereu un decalaj în favoarea celui din urmă, un decalaj care să justifice mereu importanţa conceptual-teoretică, gnoseologică şi practică a matematicii continue.

Unul dintre fenomenele cele mai importante legate de dezvoltarea matematicii discrete este faptul că de la calculul numeric s-a trecut la calculul simbolic. Era aceasta o consecinţă inevitabilă a progreselor logicii matematice (a se vedea rezultatele lui A. M. Turing privind noţiunea generală de calcul; mai multe detalii în lucrarea

noastră *Gîndirea algoritmică,* Editura Tehnică, 1982) şi informaticii. Prin această metamorfoză, obiectele supuse calculului nu mai sînt deci obligatoriu numere, ci entităţi de cea mai variată natură. Noţiunea de algoritm din logica matematică modernă conferă calculului o generalitate şi o rigoare care-l impregnează de idee. Crearea unui algoritm pentru un anumit proces presupune pătrunderea în toate articulaţiile acestuia, procedarea la o adevărată analiză moleculară a sa. Pentru a fi algoritmizat, un proces trebuie înţeles în modul său intim de funcţionare. Acest moment creator care conduce la naşterea unui algoritm contrastează cu momentul utilizării algoritmului; are loc transferul de la idee la rutină. Este răsplata pe care omul o primeşte pentru faptul de a fi creat un algoritm.

Gîndirea capătă un răgaz care o eliberează de servituţile unor activităţi intelectuale inferioare, pentru a se putea dedica altor probleme, de exemplu creării altor algoritmi. La vechea deviză a lui Dirichlet : *Să înlocuim calculul prin idei,* se adaugă o deviză nouă : *Să transformăm ideile în calcul.* Faptul că etapa de maturitate a unei discipline este calculul a fost de mult observat; dar atîta vreme cît calculul se limita la numere, raza de acţiune a acestui fenomen era limitată. Acum se poate spune că, în principiu, nici un domeniu nu mai rămîne în afara calculului. Simptomatică pentru noua situaţie este publicarea, începînd cu anul 1985, a revistei internaţionale „Journal of Symbolic

Computation" (la editura Academic Press), un adevărat forum al cercetărilor privind tratarea algoritmică a tuturor tipurilor de obiecte simbolice : obiecte în limbaje formale (termeni, formule, programe), obiecte algebrice (numere, polinoame, clase de resturi), obiecte geometrice etc. Zone vaste dintre cele mai variate, de la algebra cal- culatorie la demonstrarea automată a teoremelor, de la programarea automată la geometria algoritmică, de la fizică şi chimie la inteligenţa artificială şi teoria sistemelor, de la teoria numerelor şi robotică la biologia celulară şi moleculară, de la teoria codurilor la criptografie, de la psihologie şi sociologie la muzică şi arte vizuale au intrat în raza de acţiune a calculului simbolic

.Un exemplu deosebit de profund privind capacitatea explicativă a continuului în raport cu discretul (şi chiar cu finitul) vine din Analiza nonstandard (despre care am discutat în *Paradoxul,* Editura Albatros, 1984, p. 50—53). într-o economie de schimb, voinţa participanţilor de a vinde şi cumpăra la preţuri competitive are un efect neglijabil asupra preţurilor care se stabilesc pe piaţă. Acest fapt intuit de mult nu a putut fi stabilit în mod riguros şi explicat în mod profund decît prin con- siderarea cazului în care numărul participanţilor tinde la infinit, iar mulţimea participanţilor este „scufundată" în continuul nestandard obţinut ca prelungire a continuului real. In acest univers nestandard, se constată că efectul neglijabil despre care am vorbit mai sus trebuie înţeles în sensul că el este un infinit mic în accepţiunea riguroasă pe

care o capătă această idee în Analiza nonstandard.

FILOSOFIA PROVOACĂ ŞTIINŢA

„Neutralitatea etică" a ştiinţei

Una dintre provocările cele mai îndrăzneţe la adresa ştiinţei în general, a matematicii în particular, a venit din partea lui George Stei- ner *(Language and Silence,* Atheneum, New York, 1967 ; versiunea franceză la Editions du Seuil, Paris, -1969), autor cunoscut la noi mai cu seamă prin cartea *După Babei* (Editura Univers, Bucureşti, 1983). Steiner pretinde că, deşi au o putere inepuizabilă de fascinaţie, prin frumuseţea lor de netăgăduit, ştiinţele naturii şi matematica nu prezintă decît rareori un interes fundamental, deoarece contribuie foarte puţin la cunoaşterea şi stăpînirea capacităţilor şi limitelor umane. Pentru a pune punctul pe *i* şi a nu lăsa loc nici unei ambiguităţi, Steiner se exprimă într-o manieră directă, . recurgînd la cîteva comparaţii deosebit de frapante (p. 19 ediţia franceză, la care ne referim în tot ceea ce urmează) : „Există, fără îndoială, o viziune mai profundă şi mai precisă a omului în operele lui Homer, Shakespeare şi Dostoevski decît în statistici şi în descrierile neurologiei, în genetică nu s-a descoperit încă ceva care să contrazică sau

să depăşească ceea ce Proust ştia despre fatalitate şi despre ereditate" ; iar după ce îl pune în contrast pe Othello cu... demonstraţiile sau proiectele fizicii, afirmă : „Nici o evaluare sociometrică a ambiţiei sau manevrelor politice nu Se poate compara cu ceea ce găsim, în această privinţă, la Sten- dhal". Steiner pretinde că ştiinţa a obţinut victoriile sale strălucite datorită prestigiului re- zultfnd din obiectivitatea şi neutralitatea ei etică ; dar tocmai această neimplicare în uman ar exclude cunoştinţele ştiinţifice din domeniul adevăratei cunoaşteri.

Acest mod de a vedea ar putea fi pus în legătură cu punctul de vedere al lui Marx, după care romanele lui Balzac oferă o imagine mai profundă şi mai bogată asupra relaţiilor de producţie din societatea capitalistă a timpului respectiv decît toate exegezele efectuate de economişti.

Cum să interpretăm poziţia lui Steiner ? Poate că cheia se află în acea „neutralitate etică" a ştiinţei, la care el se referă. Numai că aici se face o confuzie, de altfel foarte frecventă, între natura procesului de cercetare ştiinţifică şi relaţia omului de ştiinţă cu societatea. In efortul său de înţelegere a mecanismelor eredităţii, la nivel molecular, biologul trebuie să suspende acţiunea oricărui factor irelevant în problema care-l preocupă, după cum şi matematicianul se vede obligat la o atitudine similară, în efortul său de validare a unei anumite teoreme. Demersul ştiinţei se bazează în mod esenţial pe această capacitate de separare a unor aspecte considerate relevante de altele, străine de problema avută în vedere. Această suspendare a legăturilor cu restul lumii este însă numai provizorie, temporară şi priveşte exclusiv problema

care se află în examinare. Faptul că o atare atitudine ar putea contamina, într-o anumită măsură, ansamblul personalităţii unui om de ştiinţă nu poate fi negat. Primejdia este reală şi ea a generat faimoasa metaforă a turnului de fildeş, simbolizînd izolarea de viaţa socială. Cercetarea ştiinţifică este o activitate acaparatoare, care invadează şi subconştientul şi care nu cruţă nici momentele de răgaz ale sa- vântului. Omul de ştiinţă are uneori impresia că devine manipulat de propria sa curiozitate ştiinţifică, de propria sa pasiune pentru adevăr. Cercetarea nu se face de la ora cutare la ora cutare, în anumite zile da, în altele nu. Tocmai această situaţie a generat imaginea omului de ştiinţă distrat, ignorant şi naiv în cele ale vieţii, imagine care se regăseşte în atîtea anecdote. Dar tocmai prin această subordonare faţă de un ţel superior omul de ştiinţă este condus aproape în mod reflex spre o atitudine superioară, spre o corectă intuiţie a justiţiei sociale şi un respect profund faţă de tot ceea ce constituie o manifestare a valorii, fie ea ştiinţifică, artistică sau etică. Cu excepţiile inerente oricărui fenomen social de amploare, oamenii de ştiinţă au exprimat, de-a lungul istoriei, interesele superioare ale societăţii în care au trăit.

Nu este mai puţin adevărat că mecanismele complicate ale relaţiilor dintre ştiinţă şi putere pot conduce la manipularea descoperirilor ştiinţifice în direcţii nedorite de către autorii lor. Energia nucleară, ingineria genetică şi calculatoarele electronice sînt trei astfel de primejdii asupra cărora se îndreaptă numeroase avertismente. Una dintre consecinţele progresului ştiinţific este creşterea capacităţii de distrugere. Dar nu ştiinţa trebuie abolită pentru aceasta,

aşa cum ar fi absurd să renunţăm la mijloacele rapide de transport din cauza numeroaselor accidente care se produc. Este adevărat că acum, pentru prima oară în istoria ei, omenirea dispune de capacitatea tehnică de a se autodistruge. Pentru prima oară în istorie ne vedem siliţi să vorbim despre o posibilă sinucidere planetară. Unii acuză pentru aceasta ştiinţa şi tehnica, pentru faptul de a fi pus la dispoziţia omenirii mijloacele materiale necesare acestei sinucideri. Dar progresul tehnico- ştiinţific este oricum necesar pentru a depăşi situaţia actuală în care nevoile umane cresc în progresie geometrică, dar satisfacerea lor nu creşte decît în progresie aritmetică ; fără reducerea acestui decalaj, tot la o sinucidere planetară (e drept, mai lentă) ajungem.

Dar cu aceasta nu am discutat decît unul dintre aspectele argumentării lui Steiner. Tre- cînd la o altă afirmaţie a sa, după care ştiinţele naturii şi matematica nu aduc o contribuţie substanţială la cunoaşterea capacităţilor şi limitelor umane, trebuie să mărturisim că starea de perplexitate pe care ea ne-a produs-o ne-a determinat la o anumită prudenţă, pentru a ne asigura că nu este vorba de o neînţelegere. La această problemă ne vom referi în paragraful următor.

Inteligenţele specializate

Minimalizînd contribuţia ştiinţelor naturii şi a matematicii la cunoaşterea şi stăpînirea capacităţilor şi limitelor umane şi considerînd că rezultatele (recompensate cu mai multe premii Nobel) pe care genetica le-a obţinut în ultimele decenii în ceea ce priveşte înţelegerea

mecanismelor eredităţii nu depăşesc cu nimic (şi nici nu contrazic) ceea ce Marcel Proust ştia despre fatalitate şi despre ereditate, George Steiner ilustrează un proces de o deosebită amploare, care se constituie într-una din componentele principale a ceea ce s-ar putea numi criza societăţii informaţionale actuale. Să încercăm să explicăm despre *ce* este vorba.

Criza informaţională a societăţii contemporane ar putea fi rezumată cu ajutorul unui paradox pe care Universitatea Naţiunilor Unite l-a adoptat ca titlu al unuia dintre recentele sale proiecte internaţionale : *Information overload and information underuse* (Povară informaţională şi subutilizarea informaţiei). Cu alte cuvinte, lumea suferă de prea multă şi, în acelaşi timp, de prea puţină informaţie. Sperăm să avem prilejul unor discuţii mai ample asupra acestei probleme. Deocamdată vom reţine următorul aspect. **O** anumită tipologie **a** Informaţiei rezultă din asimetria funcţională a celor două emisfere cerebrale. în timp ce emisfera stingă controlează cu precădere fenomenele de natură secvenţială (în primul rînd limbajul şi logica), emisfera dreaptă excelează în realizarea activităţilor nesecvenţiale, de con- comitenţă, de percepţie holistică nemijlocită a realităţii ; aici intră intuiţiile şi emoţiile, afectivitatea în general. în mod corespunzător, există deci informaţii preponderent secvenţiale (cum sînt rezultatele ştiinţifice) şi altele preponderent nesecvenţiale (cum sînt cele furnizate de operele de artă). Sănătatea psihosomatică a individului uman este condiţionată de echilibrul acestor două tipuri de activitate. O polaritate asemănătoare se manifestă între înţelegerea teoretică şi cea empirică, prima

fiind bazată pe mecanismele de natură generativă ale creierului, deci într-o măsură mai mare pe ceea ce aparţine speciei umane, fondului ereditar, în timp ce a doua rezultă din ceea ce individul dobîndeşte în interacţiune cu mediul. Rezultă de aici două alte tipuri de informaţii : teoretice şi empirice.

Desigur, cele patru tipuri de informaţie nu prea există în stare pură, ci apar în diferite proporţii în orice informaţie autentică. La interferenţa informaţiei teoretice cu cea secvenţială se află informaţia analitico-sintetică atît de răspîndită în ştiinţele fundamentale de orientare matematizantă. Din combinarea informaţiei secvenţiale cu cea empirică rezultă informaţia experimentală, frecventă în ştiinţele experimentale şi în inginerie. Din întîlnirea informaţiei nesecvenţiale cu cea empirică rezultă informaţia experienţială (relativă la experienţele naturale ale eului) care se află la baza ştiinţelor umaniste şi sociale. în sfîrşit, colaborarea teoreticului cu nesecvenţialul conduce la informaţia holistică, fără de care nu putem concepe arta.

Un lung proces de diferenţiere a condus la asocierea fiecărui domeniu de activitate umană cu unul sau unele anume dintre tipurile de informaţie menţionate mai sus. învăţămîntul a urmat şi el o linie asemănătoare. Această tradiţie a creat diferite tipuri de inteligenţe specializate, un acelaşi om putînd excela în unele tipuri de înţelegere şi putînd fi deficitar în altele. Unii oameni conştientizează situaţia lor în această privinţă ; Geo Bogza mărturisea, în rubrica sa din „România literară", că se îndoieşte de judecăţile sale, nu însă şi de simţămintele sale. Fără s-o recunoască,

George Steiner este şi el orientat cu precădere spre activităţile controlate de emisfera cerebrală dreaptă. Portretul-robot, sub aspect informaţional, al acestui tip de personalitate este dominat de faptul că în orizontul său de aşteptare informaţia secvenţială ocupă un loc derizoriu ; nu prea se simte nevoia ei, nu prea apare foamea de informaţie secvenţială (altfel decît sub forma ei strict utilitară), o informaţie care de altfel se dovedeşte pentru unii de cele mai multe ori ininteligibilă. Puţinul care totuşi străbate această rezistenţă şi se oferă atenţiei devine considerabil sărăcit, deformat, simplificat pînă la caricaturizare (a se vedea în ce se transformă pentru mulţi teoria relativităţii, relaţiile de incertitudine sau teorema lui Godel), lipsit de sevă şi de autenticitate, de acel context natural în care faptele pulsează de viaţă şi se oferă în toată subtilitatea lor.

Acesta este terenul pe care apar reflecţii ca cele ale lui Steiner, pentru care cea mai mare parte a informaţiei secvenţiale se constituie în zgomot.

Provocarea lui Steiner

Surprinzătoare este afirmaţia lui Steiner după care ştiinţele naturii şi matematica n-au contribuit decît foarte puţin la cunoaşterea şi stăpinirea limitelor umane. Surprinzătoare, deoarece contestă acestor discipline tocmai una dintre realizările care constituie titlul lor de glorie. Nu vom face imprudenţa de a încerca să demonstrăm că, dimpotrivă, domeniile umaniste au o contribuţie modestă în această privinţă. Ar însemna să cădem exact în greşeala lui Steiner de încercare a unei ierarhizări acolo unde nu există nici o ierarhie, ci o articulare a unor funcţiuni

eterogene, care au o nevoie organică una de alta.
Limitele umane nu sînt limite în sine, ci o expresie a interacţiunii dintre om şi lume. Pare un truism, dar cît este el de eludat, ■pus între paranteze ! A contribuit cu ceva fizica modernă la înţelegerea şi stăpînirea limitelor percepţiei umane ? Aparent nu, deoarece umanul are alte legi decît materia inertă. Dar contextul umanului este dominat de fizic, de interacţiunea cu non-umanul. Specificul percepţiei umane rezultă din delimitarea ei faţă de infinitul mare dezvăluit de teoria relativităţii şi de infinitul mic pus în evidenţă de fizica cuantică. Legile lumii cuantice sînt foarte diferite de cele care operează la scara umană, acestea din urmă fiind de asemenea diferite de cele ale cosmosului. Dar ceea ce se întîmplă la scară umană se află într-o continuă şi profundă interacţiune cu ceea ce se întîmplă la nivel cuantic şi la nivel cosmic. Mesajele care ne parvin în această privinţă sînt tot mai numeroase. Fără a cunoaşte şi controla această interacţiune, nu putem cunoaşte şi controla percepţia umană a realităţii

.Nu este însă implicată aici numai fizica. Infinitul mic biologic şi-a dezvăluit unele dintre secretele sale. Cunoaştem alfabetul eredităţii, ştim că el are un caracter universal, ne- fiind deci specific omului. Cunoaştem „dicţionarul eredităţii", ştim de ce tip sînt transformările care determină configuraţia proteinelor, prin intermediul nucleotizilor, codonilor şi aminoacizilor, deci cunoaştem, în esenţă, mecanismul de stabilire a unui anume tip de metabolism. Cunoaştem mecanismul mutaţiilor

genetice. Progresele ulterioare ale geneticii au dus la constituirea ingineriei genetice, prin care putem nu numai controla, dar chiar manipula ereditatea. Această prea mare posibilitate de a controla ereditatea ridică probleme grave în faţa umanităţii, deoarece comportă riscuri care 'nu pot fi eludate. Toate aceste informaţii de natură analitică şi experimentală n-au cum să fie suplinite de reacţiile intuitiv-emoţionale ale personajelor unui roman, după cum nici acestea din urmă nu pot fi suplinite de cele dintîi. Putem însă urmări relaţia dintre ele, lucru care, într-o anumită măsură, s-a şi făcut.

In ceea ce priveşte rolul matematicii, este suficient să spunem că în toate domeniile menţionate mai sus, fizica relativistă, fizica cuantică şi genetica, aparatul teoretic necesar este foarte matematizat, deci indirect matematica modernă intervine esenţial în înţelegerea şi controlul limitelor umane.

Exemplele ar putea continua. Psihologia a pus în evidenţă limitele în care se situează diferite tipuri de senzaţii. Ştim, de exemplu, cît de depărtate trebuie să fie două puncte în spaţiu sau două momente în timp pentru ca ele să fie percepute ca distincte. Ştim încă din secolul trecut că senzaţia este logaritmul excitaţiei, deci că percepţia umană domoleşte ritmurile naturii prin logaritmare. Lingvistica matematică a reuşit să arate că libertatea în folosirea unei limbi naturale este limitată de anumite restricţii invizibile direct, dar riguroase şi inevitabile, cum ar fi legea statistică a lui Zipf-Mandelbrot, regula proiectivităţii sintactice sau relaţia dintre entropie şi redundanţă. Actul atît de banal al preferinţei unei variante faţă de alte variante, într-o situaţie oarecare, se supune unei limite de natură globală

privind imposibilitatea agregării într-un sens intuitiv acceptabil a mai multor ierarhii rezultînd din preferinţe diferite (teorema lui Arrow).

Putem spune deci că ştiinţa în general, ştiinţa modernă în special, au reuşit, cu sprijinul puternic al matematicii, să ne dezvăluie o serie întreagă de restricţii şi limite ale organismului uman, ale percepţiei umane, ale comportamentului şi limbajului uman ; putem în bună măsură controla aceste limite, uneori le putem chiar manipula. Nu este însă mai puţin adevărat că cele mai multe dintre aceste restricţii nu se află sub observaţia directă a profanului ; ele sînt forme foarte ascunse de viclenie a naturii. Dificilă a fost nu numai identificarea lor, ci şi exprimarea lor. De exemplu, legile lumii cuantice nu pot fi exprimate fără folosirea unei matematici foarte complicate. Multe dintre aceste restricţii nu au un suport intuitiv, uneori se opun intuiţiei curente. Putem chiar spune că o bună parte din rezultatele matematicii moderne violentează intuiţia comună. Toate aceste fapte sînt tot atîtea piedici, nu numai pentru un profan dar şi pentru un intelectual antrenat cu precădere în percepţii holistice intuitiv-emoţionale şi foarte stîngaci în urmărirea unui raţionament mai lung, de natură silogistică, sau a unor observaţii bazate pe prea multe definiţii şi fapte experimentale.

De fapt, Steiner nu face decît să exprime în mod brutal o atitudine destul de frecventă în forme mai reţinute. Dar replica noastră, puternic impregnată de „secvenţial", riscă să nu se afle „pe aceeaşi lungime de undă" cu pledoaria sa atît de „nesecvenţială".

Provocarea lui Noica

Modul în care Steiner opune ştiinţei literatura şi arta îşi găseşte un analog în modul în care Constantin Noica opune ştiinţei filo-

18

8sofia. Să ne referim, de exemplu, la *Trei introduceri la devenirea întru fiinţă* (Editura Univers, 1984), unde primul capitol, „Certitudinile filosofiei faţă de incertitudinile ştiinţei" este o reluare a unui eseu al autorului din 1942. (Interesant acest an 1942, în care Dan Barbilian îşi ţinea faimoasa lecţie de deschidere privind axiomatica, urmată de replica lui Simion Stoilow, iar Grigore C. Moisil scria în Revista „V. Adamachi" despre perspectivele filosofiei axiomatice, în timp ce Petre Sergescu îşi ţinea lecţia de deschidere privind valoarea etică a ştiinţei). Reluarea neschimbată, după 42 de ani, a acestui eseu, raportat la tot ceea ce scrie azi despre ştiinţă marele nostru filosof (de exemplu, chiar în cartea menţionată, în capitolul al treilea), arată că nu a intervenit nici o modificare esenţială în viziunea sa privind relaţia ştiinţă-filosofie.

Ceea ce frapează în această viziune este în primul rînd chiar afirmarea unei opoziţii tranşante între ştiinţă şi filosofie, într-o perioadă în care graniţa dintre ele devine din ce în ce mai vagă. „Natura proprie" a filosofiei este opusă „naturii pur teoretice" a ştiinţei ; „ştiinţa vrea cunoaştere obiectivă", în timp ce „fără o subiectivitate (...) filosofia e de neconceput" ; „în ştiinţă e vorba despre lucruri chiar atunci cînd se vorbeşte despre om", în timp ce „în filosofie este vorba despre om, chiar atunci cînd se vorbeşte despre lucruri" etc. Totul în viziunea lui Noica, în- cepînd chiar cu titlul eseului său aici în discuţie, se radicalizează, ştiinţa şi filosofia devenind stadii extreme opuse ale unui continuum despre care nu ni se spune nimic. Această radicalizare a opoziţiei dintre cei doi termeni poate fi observată, după părerea unor filosofi, şi în plan diacronic; filosofia ar fi pierdut mereu teren în favoarea

ştiinţei, primeia rămînîndu-i doar cîteva teritorii (problema fiinţei în primul rînd, după cum subliniază Noica). Totul s-ar petrece ca într-un joc de sumă nulă (pentru a folosi terminologia teoriei matematice a jocurilor), în care partenerii — ştiinţa şi filosofia — nu pot obţine victorii decît una pe seama celeilalte.

Dincolo însă de această aparenţă (exemplul clasic pe care-l dau mulţi este cel al psihologiei care, prin accentul tot mai mare pus pe experiment şi pe metodă, s-ar fi transferat din filosofic în ştiinţă ; porniţi pe această cale, nu ne mai putem opri, deoarece „filosofia exactă" a lui Mărio Bunge arată că nici un colţ al filosofiei nu se poate ascunde în faţa asaltului analiticului), situaţia este mult mai complcxă şi mai difuză. Nu filosofia ca atare a pierdut teren, ci unii filosofi şi oameni de ştiinţă care nu pot ţine pasul cu progresele cunoaşterii. Dacă ştiinţa secolului al XlX-lea putea fi urmărită în linii mari de către ne- spccialişti, măcar în semnificaţiile ei fundamentale, ştiinţa secolului nostru creează profanului un puternic sentiment de frustrare. Unităţile de bază, în fizică şi biologie, devin din ce în ce mai minuscule, mai ascunse privirilor noastre şi chiar prelungirilor acestor priviri. Mai mult decît atît, logica prin care explicăm funcţionarea acestor microuniversuri nu mai este aceea a vieţii curente. în alte discipline, ca în lingvistică şi în matematică, unităţile de bază devin din ce în ce mai abstracte. Totul pare sucit în aceste lumi pe care ni le dezvăluie cunoaşterea contemporană. Ce felii anume din această cunoaştere primesc statut de ştiinţă şi care dintre ele sînt incluse filosofiei, aceasta este în bună măsură o chestiune de convenţie şi nu merită să i se acorde un interes prea mare, deoarece ea

a fost creată artificial de exacerbarea spiritului atomistic într-o evoluţie care a dus la proliferarea unei puzderii de discipline capabile să spună tot mai mult despre tot mai puţin.

Mai este interesant şi următorul fapt. Intr-o viziune foarte răspîndită, distincţia ştiinţă-artă se sprijină pe o distincţie biologică, provenind din asimetria celor două emisfere cerebrale. într-adevăr, obiceiul (pe cît de răspîndit, pe atît de simplificator) de a aşeza ştiinţa sub semnul raţionalului iar arta sub cel al emoţionalului revine la o reprezentare a distincţiei ştiinţă-artă pe baza distincţiei dintre secvenţialitatea controlată de emisfera cerebrală stingă şi nesecvenţialitatea controlată de emisfera cerebrală dreaptă. însă, de fapt, ştiinţa se prevalează tot mai mult de nesecvenţial (intuitivul şi holisticul sînt fundamentale în descoperirea ştiinţifică), iar arta se aliază tot mai mult cu secvenţialul, artistul modern căutînd să conştientizeze regularităţile naturii şi ale propriei sale creaţii.

în ceea ce priveşte distincţia ştiinţă-filosofie, baza ei biologică este mai slabă, deoarece filo- sofia oa atare nu este localizată în nici un fel pe harta biologică a cunoaşterii. într-adevăr, pentru a ne referi la cîteva distincţii despre care a fost vorba într-un paragraf anterior, vom observa (împreună cu R.S.Brum- baugh, *Metaphysical presuppositions and the study of time,* în „The Study of Time III", eds. J. T. Fraser, N. Lawrence, D. Park, Sprin- ger, 1978) că fiecare dintre cele patru zone fundamentale ale cunoaşterii este populată cu filosofi dintre cei mai reprezentativi : Democrit şi Descartes aparţin tipului analitic, Arhimede tipului experimental, Parmenide, Zenon şi Platon tipului holistic iar Bergson şi Hegel tipului experienţial.

Este filosofia ştiinţei filosofie?

Perspectiva pe care Noica o propune plasînd relaţia filosofie-ştiinţă într-un şir de opoziţii binare poate fi acceptată ca un joc intelectual de tipul celuia practicat de alţi autori în ceea ce priveşte relaţia artă-ştiinţă. Este un mod de a alege un reper, un sistem de coordonate faţă de care un text acreditat iniţial într-un anumit fel (ştiinţific sau filosofic) poate ocupa, la un examen mai atent, o poziţie dintre cele mai neaşteptate. Dar „axele de coordonate" puteau fi tot atît de bine numite nu Filosofie şi Ştiinţă ci F şi S sau X şi *Y.* O atare interpretare nu pare a fi în spiritul gîndirii lui Noica. Este oare vorba de un portret-robot al filosofiei, pus faţă în faţă cu un portret- robot al ştiinţei ? Răspunsul nu poate fi afirmativ dacă avem în vedere filosofia şi ştiinţa de azi. Noica exclude din filosofie întregul teritoriu pe care obişnuim să-l numim filosofia ştiinţei : „uneori cîte o ştiinţă vrea să se prelungească în filosofie („filosofie biologică", „filosofie a fizicii", „filosofie a medici- nei" etc.), dar nu obţine cu adevărat o filosofie, ci o enciclopedie a propriei sale discipline ; „enciclopedie" în sensul imediat etimologic al cuvîntului: se uită în jurul ei să înveţe în ce orizont se află. Iar enciclopedia sau filosofia fizicii, a medicinei sau celelalte sînt tot atît de puţin „filosofie", pe cît sînt de puţin „psihologie", aşa-numita psihologie a străzii sau a artistului". Am dat acest lung citat, deoarece el ne aduce, prin consecinţele sale, în faţa unor întrebări semnificative. In funcţie de ce criterii putem aprecia dacă o anumită reflecţie asupra fizicii este o prelungire a fizicii sau filosofie autentică ? Comparaţia cu

psihologia străzii ar sugera că aşa-zisa filosofie a ştiinţei ar avea un caracter ad-hoc, fiind un produs spontan al activităţii ştiinţifice. Suspectaţi de acest păcat vor fi desigur oamenii de ştiinţă, de exemplu Poincare şi Einstein, deoarece numai ei au ce anume prelungi. O mare parte din filosofia vechilor greci ar trebui privită cu suspiciune, deoarece autorii respectivi erau, de foarte multe ori, şi oameni de ştiinţă. Suspectă ar deveni, pentru motive similare, şi filosofia unor Pascal, Descartes şi Leibniz.

Practicată de oameni de ştiinţă, filosofia ştiinţei este o filosofie în cunoştinţă de cauză. Ea nu este totdeauna un produs spontan sau un produs derivat al gîndirii savantului, ci de multe ori rezultatul unei lungi meditaţii, aflate în centrul atenţiei sale. Prin ce are ea mai valoros, această filosofie nu-l pierde pe om, iar dacă-l suspendă (din necesităţi de metodă) pe unele porţiuni, îl recuperează ulterior. De exemplu, reflecţia asupra timpului relativist şi asupra timpului uman a condus, prin eforturi conjugate venind din fizică, matematică şi psihologie (întreaga şcoală a lui Piaget) la constatarea că percepţia umană a duratelor este guvernată de legi asemănătoare celor puse în evidenţă de teoria relativităţii pentru timpul fizic (am discutat pe larg această chestiune în cartea *Timpul,* Editura Albatros, 1985). Este vorba aici nu de un timp al omului-lucru, ci de timpul omului viu, făcut din senzaţii şi intuiţii, din amintiri şi aşteptări. Ce anume repartizăm, din acest rezultat, ştiinţei şi ce anume filosofiei ? întrebare de interes minor, provocată în mod oarecum artificial de ambiţia de a menţine o graniţă riguroasă între cele două teritorii ale cunoaşterii. De la ştiinţă la fi'osofia

ştiinţei, la filosofie, în general, nu-i decît un pas iar în multe cazuri nici acest pas nu este necesar. Numeroase adevăruri din matematică, fizică sau biologie sînt de o puternică semnificaţie în acelaşi timp ştiinţifică şi filosofică iar problema graniţei dintre aceste două aspecte este de-a dreptul oţioasă. Teorema lui Godel, în a cărei demonstraţie constatăm că meta-limbajul, împotriva voinţei sale, se identifică cu limbajul-obiect (altfel spus, gîndirea de ordinul al doilea se identifică cu gîndirea de ordinul întîi) nu aparţine ea în egală măsură ştiinţei şi filosofiei ? „în filosofie e vorba de o reflexie a spiritului asupră-şi" observă Noica. Dar nu despre acelaşi lucru este vorba în demonsrtaţia teoremei lui Godel ? Nu în acelaşi sens trebuie interpretată conexiunea inversă (bucla) din cibernetica sistemelor vii, a sistemelor umane în mod particular ? Sau regulile autoreferenţiale din gramatica limbajelor umane, fie ele naturale sau artificiale ?

în ce anume constă „criza ştiinţei" ? se întreabă Noica, referindu-se la exemplul inde- terminismului, şi răspunde : „Se iveşte, odată cu el, o criză pentru că în mijlocul cîmpului teoretic al ştiinţei îşi vădeşte prezenţa un factor nechemat de nimeni şi cu desăvîrşire extrateoretic : observatorul". Dar oare n-a găsit ştiinţa resursele necesare de a ieşi din această criză (dacă o astfel de criză a existat) ? Nu constituie viziunea sistemică (aparţinînd în egală măsură ştiinţei şi filosofiei) o reprezentare pe deplin satisfăcătoare a interacţiunii dintre subiect şi obiect ? Aşa-numitele momente de criză marchează etape dintre cele mai interesante din evoluţia ştiinţei, deoarece duc la primeniri metodologice esenţiale. Pluralitatea geometriilor şi a logicilor poate să pară, la prima vedere, o expresie a libertăţii axiomatice, aşa cum susţine Noica, dar

motivarea ei profundă este dată de existenţa unor clase de fenomene care nu pot fi explicate prin referire la geometria euclidiană (a se vedea teoria relativităţii) sau la logica aristotelică (a se vedea mecanica cuantică, biologia modernă etc.). Vom înţelege astfel şi un alt paradox enunţat de Noica, după care ştiinţa, chiar sub forma ei aplicată, nu poate ieşi din teoretic, din abstract.

Omul este interacţiunea sa cu lumea

Ideea incapacităţii ştiinţei de a ieşi din teoretic se bazează la Noica pe o reprezentare inedită a teoreticului, definit, între altele, prin absenţa omenescului. Ştiinţa ar fi cunoaşterea ca atare, deci o cunoaştere de ordinul întîi, filosofia ar fi cunoaşterea spiritului care cunoaşte, deci o cunoaştere de ordin superior. Filosofia ar fi o reacţie la teoreticul ştiinţei. Cu alte cuvinte, singură filosofia reuşeşte să introducă procesul de cunoaştere în cerc, autoreferinţa atît de specific umană. Să urmărim însă, fără nici o prejudecată, unele cercetări recente.

Care este substanţa teoremei lui Godel ? Ea ne spune că un domeniu de activitate intelectuală de o oarecare complexitate reuşeşte să transgreseze orice cadru care rezultă din încercarea de a formaliza domeniul respectiv. Mai putem spune în aceste condiţii că „ştiinţa creează un univers teoretic închis" (C. Noica, *Trei introduceri la devenirea întru fiinţă,* Editura Univers, 1984, p. 20) ? Nu este, dimpotrivă, demonstrată capacitatea de depăşire a oricărei logici apriorice (sistemul formal considerat) prin logica firească a gîndirii umane ? înţelegem

astfel interacţiunea dintre adevărul substanţial şi cel formal ; tocmai această interacţiune constituie sensul teoremei lui Godel. Putem adopta o reprezentare cu doi parteneri, *A* şi *B. A* propune pentru domeniul D un sistem formal S_h *B* găseşte în *D* un enunţ e, nedemonstrabil în Sj. Atunci, *A* propune un sistem formal mai cuprinzător S_2, care include pe e_{lt} dar *B* găseşte un enunţ e<i din D, nedemonstrabil în S2. în etapa a n-a a acestui proces, *A* va reuşi să găsească pentru D un sistem formal S_n în cadrul căruia este demonstrabil enunţul $e_{n.x}$, dar *B* va găsi imediat în *D* un enunţ e„ nedemonstrabil în S„. în acest joc de strategie, fiecare dintre parteneri este victorios în felul său. A reuşeşte să arate că puterea formalizării nu se epuizează niciodată, în timp ce *B* ne convinge că logica umană nu se poate epuiza prin formalizare. Universul gîndirii ştiinţifice este deci deschis, deoarece orice încercare de a-l închide prin formalizare eşuează ; iar regăsirea substanţei teoremei lui Godel în muzica lui Bach şi în gravurile lui Escher (Douglas R. Hofstadter, *Godel, Escher, Bach; an eternal golden braid,* Basic Books, 1979) confirmă faptul că nu este vorba aici de omul-lucru, ci de omul gînditor şi creator, care-şi gîndeşte propria sa gîndire.

Ce este interacţiunea dintre observator şi fenomenul observat, în fizică, în psihiatrie, în comunicarea umană ? Ce semnificaţie are acţiunea unei prognoze asupra fenomenelor înseşi la care ea se referă ? Dar teorema lui Arrow, după care agregarea unor decizii individuale depăşeşte raţionalitatea fiecăreia dintre aceste decizii luate separat ? Ce este fenomenul pus în evidenţă de J. C. Miller *(Living Systems,* McGraw Hill, New York, 1978), în cadrul căruia fiinţa umană, ea

însăşi, un sistem, se inserează într-o ierarhie de sisteme vii inferioare şi superioare, mergînd de la organismele unicelulare pînă la sistemul global al omenirii, cu întregul său context cosmic, şi se află în interacţiune cu toate aceste sisteme ? Aceste situaţii pun în evidenţă o perspectivă cu totul nouă, în care omul nu mai este opus lumii printr-o dualitate de tipul subiect-obiect, ci se defineşte odată cu această lume, prin toate interacţiunile care au loc.

Una dintre cele mai profunde viziuni care au permis să progresăm în înţelegerea fiinţei umane şi a comportamentului uman este viziunea holonomică în virtutea căreia fiecare parte, oricît de mică ar fi, poartă funcţionalitatea şi mesajul întregului. Am prezentat pe larg în *Timpul* (Editura Albatros, 1985) conceptul de holon şi ideile dezvoltate în această privinţă de J. S. Stamps, St. Lupasco, I. Prigogine şi E. Jantsch. Ştiinţa clasică a avut tendinţa de a-l fragmenta pe om printr-o proliferare a spiritului analitic avînd uneori ca rezultat transformarea omului-om în omul-lucru. Dar mai este oare valabilă această situaţie acum ? Intr-un şir de cercetări, David Bohm (*Fragmentation in science and society,* in W. Fuller editor, *The Social Impact of Modern Biology,* Routledge and Kegan Paul, London, 1971 ; *Fragmentation and Wholeness,* Van Leer Jerusalem Foundation, 1976 ; *Wholeness and the Implicate* O*rder,* Routledge and Kegan Paul, London, 1980) a pus în evidenţă faptul că omul nu se poate înţelege pe sine ca întreg decît dacă reuşeşte să înţeleagă concomitent, în integralitatea şi interacţiunea lor (deci nu doar fragmentar şi disparat), toate

fenomenele observabile sau inteligibile. O lecţie exemplară de acest fel vine nu numai din fizică, ci şi din biologie. O atare înţelegere a complexităţii este condiţionată şi de o percepţie holistică, dinamică, sistemică la nivel social (naţional şi mondial). Omul nu doar se află în interacţiune cu lumea, ci este şi această interacţiune. Ca fizician, Bohm pune accentul pe sugestiile teoriei relativităţii şi ale fizicii cuantice, dar la reprezentări dacă nu asemănătoare cel puţin consonante cu ale sale ajung, pe diverse căi, şi alţi autori ca Jacques Attali *(L'Ordre cannibale,* Grasset, Paris, 1979); *Les Trois Mondes; pour une theorie de l'apres-crise,* Fayard, Paris, 1981), Nicholas Rescher (*Cognitive Systematization ; a system-theoretic approach ,to a coherent theory of knoivledge,* Blaekwell, Oxford, 1979), un elev al lui Lupasco, Edgar Morin (*Pour sortir du XX*me siecle,* Fernand Nathan, Paris, 1981), Gregory Bateson (*Mind and Nature; a ne- cessary unity,* Dutton, New York, 1979), Magoroh Maruyama *(Heterogenistics; an epistemologica! restructuring of biological and social sciences,* „Cybernetics", voi. 20, 1977, no. 1, p. 69—85) şi Anthony J. N. Judge *(Development through alternation,* Union of International Associations, Brussels, 1983).

Considerînd că autoreferinţa este privilegiul filosofiei, Noica neagă ştiinţei capacitatea de a stăpîni şi controla paradoxul şi, mai cu seamă, antinomia, în una din ipostazele lor cele mai specific umane. O atare viziune este consistentă cu reprezentările clasice ale lui Descartes şi Newton şi cu cele mai recente ale unor Georg Cantor şi Bertrand Russell, care au împins paradoxul antinomic la marginea

ştiinţei, considerîndu-l incompatibil cu aceasta. Dar, aşa cum am schiţat mai sus şi cum ne-am străduit să arătăm în lucrarea *Paradoxul* (Editura Albatros, 1984), gîndirea ştiinţifică a secolului nostru a adus paradoxul antinomic, în mod special autoreferinţa, în inima gîndirii şi acţiunii umane.

Este posibil un Monsieur Jourdain al ştiinţei?

In căutarea unui profil propriu al filosofiei, Constantin Noica se opreşte cu insistenţă asupra următoarei idei : „Nu poate face filosofie cineva care nu ştie că face filosofie". „Numai filosoful face filosofie cu conştiinţa că face filosofie". (*Trei introduceri...,* p. 55). „Nu se poate face filosofie fără a şti că faci filosofie" *(Ibid.,* p. 60), în timp ce „poţi face ştiinţă fără să-ţi dai seama exact ce faci ; fără să fi vrut deliberat să faci ştiinţă" *(Ibid.,* p. 55), „poţi face poezie fără să ştii, după cum poţi picta, ţese artistic covoare şi împodobi cadrul tău de viaţă, fără să-ţi dai seama de ce faci (arta populară)" *(Ibid.,* p. 55). „Numai filosoful iese necesar din condiţia obişnuită, numai el face proză ştiind că e proză. (înţelepciunea populară sau cea a unui ins cu viaţă interioară sînt cel mult material pentru filosofie)" *(Ibid.,* p. 55).

Să încercăm să examinăm aceste afirmaţii. Desigur, intrarea în una s&u alta dintre activităţile enumerate mai sus (filosofie, ştiinţă, poezie) nu se face abrupt, ci gradual. Ne vom opri in mod special asupra activităţii ştiinţifice. Există forme incipiente de activitate ştiinţifică pe care cineva le poate practica în mod spontan, fără a avea conştiinţa semnifi-

caţiei lor. Ne este greu să credem că nu are loc un fenomen similar în ceea ce pliveşte filosofia şi poezia. Dar să revenim la ştiinţă si să ne referim în mod explicit la matematică. Un talent puternic poate scurtcircuita un întreg itinerar care, pentru o inteligenţă normală, cere o iniţiere îndelungată. Matematicianul indian Ramanujan, un geniu al teoriei numerelor, a început a practica încă în copilărie cercetarea în acest domeniu, fără a avea de la început conştiinţa semnificaţiei acestui fapt. Un matematician a cumpărat odată, într-un oraş din Argentina, nu ştiu ce fleacuri de la tejgheaua unui vînzător foarte preocupat să ump'e multe foi cu tot felul de calcule. Matematicianul a intrat în discuţie cu vîn- zătorul respectiv, un tînăr care, ca autodidact, ajunsese la preocupări de matematică superioară. Acest tînăr avea să devină un bine-cunoscut specialist argentinian în Analiza funcţională, Misha Cotlar, căruia, după multe ezitări, i s-a acordat titlul dc doctor în matematici, deşi nu trecuse prin nici o universitate. Fără îndoială, Cotlar a practicat o perioadă matematica fără a avea o conştiinţă cristalizată a semnificaţiei preocupării sale.Exemplele de acest fel pot continua. Cu cît ne adîncim în trecut, cu atît este mai uşor să le găsim. Multe dintre biografiile marilor matematicieni au cunoscut această fază a unei activităţi spontane, neconştientizate în semnificaţia ei, de cercetare ştiinţifică, în contextul timpului respectiv. Este însă limpede că această posibilitate de a face matematică fără să ştii că o faci s-a' redus simţitor şi practic azi nu mai contează. Un nou Evariste Galois, care printr-o „muncă de cap", cum spunea Dan Barbilian, să ajungă, pe baza unei informaţii sumare, la

o mare descoperire, este astăzi exclus. Nivelul atins azi în matematică nu mai permite unui om, oricît de geniai ar fi, să-şi pună singur şi să rezolve o problemă deschisă cît de cît importantă dacă el nu-şi însuşeşte în prealabil elementele disciplinei respective şi dacă nu se informează asupra stadiului în care se află cercetarea problemei pe care vrea s-o atace. Dar aceasta înseamnă tocmai căpătarea conştiinţei de matematician. Numai diletanţii mai cred azi că problema lui Fermat ar putea fi rezolvată de un „inocent" exclusiv pe baza inspiraţiei sale, a harului său. Este adevărat că multe probleme foarte grele au un enunţ elementar, pe care-l poate înţelege şi un copil; această situaţie i-a indus în eroare pe unii care au crezut că dacă enunţul este elementar atunci nici rezolvarea nu poate pretinde prea multă cultură matematică.

Conjectura enunţată de Goldbach (Orice număr par diferit de 2 este suma a două numere prime) în urmă cu cîteva secole nu a fost încă nici confirmată, nici infirmată, iar pentru demonstrarea unui rezultat apropiat (Orice număr par suficient de mare este suma dintre un număr prim şi un produs de cel mult două numere prime) un matematician chinez a folosit aproape tot ceea ce se ştia mai important în teoria numerelor, demonstraţia fiind foarte lungă. Să încercăm să explicăm această evoluţie. Matematica este, prin excelenţă, o ştiinţă care procedează în etape, fiecare etapă sprijinindu-se esenţial pe etapele anterioare. Construcţia astfel obţinută este rezultatul contribuţiilor multor autori. Chiar pentru o disciplină matematică apărută abia în urmă cu 20 sau 30 de ani bibliografia, fie ea şi selectivă, numără de obicei sute de lucrări. Desigur, o

inteligenţă matematică ieşită din comun poate reface singură unele etape, dar în nici un caz nu va regăsi pe cont propriu o întreagă dezvoltare istorică a unei discipline matematice.

Care este situaţia în alte ştiinţe ? Mai poţi face azi fizică fără conştiinţa că faci fizică ? Dar chimie ? Dar biologie ? Bănuim că şi aici posibilitatea unui răspuns afirmativ s-a micşorat considerabil şi tinde la zero. Dezvoltarea unei ştiinţe poate fi comparată cu 0 succesiune de alergători, fiecare predînd ştafeta alergătorului următor. Cînd ştafeta a ajuns destul de departe, nici un alergător, oricît de rapid ar fi, nu poate recîştiga singur întreaga distanţă parcursă.

Există totuşi unele discipline care prezintă o situaţie specială. Un exemplu în acest sens este semiotica, unde numeroase contribuţii aparţin unor lingvişti, psihiatri, matematicieni, informaticieni, arhitecţi, muzicieni, filosofi care n-au avut niciodată conştiinţă de semio- ticieni sau au dobîndit-o foarte tîrziu. Faptul se explică atît prin tinereţea disciplinei (deşi creată în secolul trecut, de Ch. S. Peirce, a devenit o preocupare sistematică de amploare abia de vreo două decenii) cît şi prin natura obiectului ei (răspîndit peste tot şi tocmai de aceea greu vizibil) şi prin impopularitatea ei printre practicanţii celorlalte discipline.

Pentru Constantin Noica, afirmarea imposibilităţii de a face filosofie fără a avea conştiinţa acestui fapt constituie formularea unui punct de vedere asupra modului în care trebuie înţeleasă filosofia ; un punct de vedere restrictiv, dar stimulator. Ceea ce am supus mai sus discuţiei a fost numai *monopolul* pe care l-

ar avea filosofia, ca unic teritoriu nevizitat de Monsieur Jourdain.

Ce este exactitatea?

Se poate da un răspuns exact la această întrebare ? Citim în Mic *dicţionar enciclopedic,* ediţia a Il-a (Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1978) că *exact* înseamnă „conform cu realitatea, în deplină concordanţă cu adevărul". însă tocmai această identificare a exactităţii cu adevărul este contestată de Constantin Noica în *Exactitate şi adevăr* (în volumul colectiv *Cartea interferenţelor,* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1985, p. 170—177).

Discrepanţa dintre cele două puncte de vedere se atenuează însă de îndată ce urmărim în continuare ce se spune în dicţionar şi ce exemple ne propune ilustrul nostru filosof. Unul dintre aceste exemple se referă la deosebirea dintre fotografie şi portret. „Fotografia unui chip uman ţine de exactitate însăşi. Dar reprezintă fotografia şi adevărul chipului uman ?" se întreabă Noica şi înţelegem că răspunsul său este negativ, rostul portretului fiind tocmai de a se elibera de exactitatea nesemnificativă a fotografiei. Dar mai înţelegem de aici şi faptul că *adevăr,* pentru Noica, înseamnă *relevanţă,* iar exactitatea constituie, aşa cum se specifică şi în dicţionar, o anumită conformitate cu realitatea.

în materie de exactitate, mai toată lumea este de acord cel puţin într-un punct : că exactitatea face casă bună cu matematica. Noica numeşte matematica „principala dintre ştiinţele exacte" *(loc. cit.,* p. 173), iar în dicţionarul menţionat, cea de a doua accepţiune a cuvîntului *exact* are în vedere contextul *ştiinţă exactă,* printr-o astfel de ştiinţă

înţelegîndu-se una „în care formulările (logice) se pot prezenta în formă matematică". Cu alte cuvinte, matematica ar fi un criteriu al exactităţii. Cuvintele *matematic* şi exact devin aproape sinonime.

Este justificată această asociere organică a exactităţii cu matematica ? Greu de răspuns prin *da* sau prin *nu.* Dacă înţelegem prin *exact* ceea ce se opune termenului englezesc *fuzzy,* răspunsul este afirmativ. Un predicat logic P este exact atunci cînd putem decide, pentru orice element *x* dintr-o anumită mulţime, dacă propoziţia P *(x)* este adevărată. De exemplu, dacă definim P prin *este isoscel,* atunci, pentru orice element *x* din mulţimea triunghiurilor propoziţia *P (x) = x este isoscel* este sau adevărată, sau falsă. Proprietatea de a fi isoscel este deci exactă. Nu acelaşi lucru se poate spune despre proprietăţi ca *mare, mic, lung, scurt, frumos, urît* etc. Din acest punct de vedere, putem, într-adevăr, spune că *principalul refugiu al exactităţii îl constituie ficţiunea matematică.* Trebuie, însă, să precizăm că aici exactitatea se referă la proprietăţi (predicate) şi constă în faptul că trecerea de la o proprietate la negaţia ei este bruscă, discontinuă, distincţia dintre ele este casantă.

Nu totdeauna exactitatea este considerată cu această accepţiune. Destul de frecvent *exact* este ceea ce se opune lui *aproximativ.* Matematica este, în mare măsură, o ştiinţă a aproximaţiilor. Despre Analiza matematică s-a spus uneori că este studiul aproximării unor funcţii mai complicate prin funcţii mai simple, în practica ştiinţifică şi în practica economică numerele reale sînt, de obicei, considerate prin aproximaţii ale lor, deoarece se reţin numai un număr finit de

zecimale. Derivarea aproximativă şi integrarea aproximativă prevalează asupra derivării şi integrării exacte, mai cu seamă pe măsură ce calculatoare tot mai perfecţionate permit să se efectueze uşor calcule dintre cele mai complicate. Aplicaţiile Analizei matematice în Fizică şi în diferite inginerii se orientează tot mai mult spre metode aproximative. Dar aproximaţia a cîştigat teren, în dauna exactităţii, nu numai în Matematică, ci şi în celelalte discipline care folosesc metoda modelării.

Modelul este totdeauna o aproximaţie a obiectului sau fenomenului studiat (a se vedea şi lucrarea noastră *Semne despre semne,* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1979, p. 20—22), dar o aproximaţie care, deşi tinde să se amelioreze, are grijă să nu se transforme în exactitate. Condiţia de a-şi păstra distanţa faţă de exactitate este esenţială pentru orice model ; în momentul în care s-ar confunda cu obiectul, el şi-ar pierde însăşi raţiunea lui de a fi. Insă dacă modelul este matematic, atunci el conduce la o aproximaţie exactă, în sensul că piesele din care este el construit comportă predicate logice exacte (aşa cum am explicat mai sus). Aproximaţia constituită de un model matematic este exactă şi din alt punct de vedere ; ajungem astfel la o nouă accepţiune a acestui termen. Avem în vedere pe *exact* cu sensul de *riguros.* Rigoarea ar merita şi ea o discuţie specială, dar pentru moment vom conveni că o procedare este riguroasă dacă se desfăşoară pe baza unui sistem de reguli bine determinate. Această dependenţă a rigorii de un sistem de reguli este esenţială şi explică natura istorică a rigorii, faptul că fiecare perioadă din dezvoltarea unei discipline are nivelul ei de rigoare. Nu există o rigoare absolută.

Ceea ce a fost riguros pentru Euclid nu a mai fost riguros pentru Hilbert. Cauchy nu s-a mai mulţumit cu rigoarea la care s-a raportat Leibniz, iar secolul nostru nu s-a mai mulţumit cu rigoarea la care s-a raportat Cauchy.

Putem deci spune că în cadrul unui model matematic se împrumută tehnici, idei şi rezultate dintr-o teorie matematică satisfăcînd exigenţele de rigoare ale perioadei ei de dezvoltare. Acest fapt l-am avut în vedere atunci cînd, într-un articol mai vechi *(Exact aproxi- mations or approximative exactness ?,* in „Foundations of Language", Dordrecht-Holland, voi 3, 1967, nr. 3, p. 285—288) mâ refeream la aproximaţiile exacte ale matematicii, pe care le opuneam exactităţilor aproximative practicate de multe ori în disciplinele umaniste.

Dar, revenind la articolul lui Constantin Noica, atrage atenţia cu deosebire următoarea afirmaţie : „Să ne grăbim a preciza : adevărul nu poate fi fără exactitate (sau ră- mîne în neîmplinire dacă este aşa), pe cînd exactitatea poate fi fără adevăr". Pentru Noica, adevărul este acea parte a exactităţii care este semnificativă, relevantă în problema care ne preocupă. Exactitatea ar fi, deci, înregistrarea cît mai completă a datelor şi a combinaţiilor lor, în timp ce adevărul este rezultatul unei alegeri (pentru care nu cunoaştem reguli) operate în domeniul exactităţii. Comentîndu-l pe Noica, la rubrica sa din „România literară", Nicolae Manolescu interpretează distincţia exactitate-adevăr ca una dintre structură şi valoare. Dar atunci, accep- tind opinia lui Noica, după care înţelegerea exactităţii este necesară (nu şi suficientă) pentru a se ajunge la adevăr, ar rezulta că drumul spre judecata de valoare trece obligatoriu prin înţelegerea structurii.

Exactitatea şi adevărul în interacţiune

Faptul că adevărul nu este posibil fără exactitate i se pare lui Noica atît de incontestabil, încît nu mai insistă asupra lui. In schimb, îşi îndreaptă argumentele spre demonstrarea posibilităţii exactităţii în absenţa adevărului. Nu este vorba aici de o posibilitate oarecare, ci de una de o deosebită amploare şi gravitate. După Noica, secolul nostru a căzut în greşeala de a substitui adevărului exactitatea goală (adică nesemnificativă).

Faţă de afirmaţii atît de categorice şi de grave, simţim obligaţia de a reveni asupra conceptelor în discuţie. Am distins trei accepţiuni ale exactităţii : conformitate cu realul, rigoare şi trecere bruscă de la o proprietate la negaţia ei. In ceea ce priveşte adevărul, el apare totdeăuna la Noica în accepţiunea de relevanţă, de sens profund. Astfel, Noica apreciază că ediţia completă a operei lui Eminescu, ediţie iniţiată de Perpessicius, este remarcabil de exactă, dar adevărul lui Eminescu se află în cele 44 de caiete pe care marele poet ni le-a lăsat. Tot ce s-a tipărit din Eminescu se află în aceste caiete, dar caietele mai cuprind o serie de note care-i redau, lui Eminescu, „mai bine decît orice, chipul interior şi strădania lui de a se deschide către *întregul* culturii". Se observă aici asocierea adevărului cu o percepţie holistică, globală a operei şi personalităţii, cu o reprezentare care include o situare a lui Eminescu nu doar în cadrul literaturii, ci vis-â-vis de ansamblul culturii umane. Faţă de această putere totalizatoare de care este capabil adevărul, exactitatea operei tipărite furnizează numai o imagine atomistică, discontinuă, îngheţată.

în acelaşi sens, Noica se referă la distincţia dintre raporturi umane, expresie a exactităţii, şi rapoarte umane, care ar putea fi ale adevărului. Ştiinţele omului excelează azi în investigarea celor dintîi, prin tot felul de măsurători, anchete, teste, experimente, dar sînt deficitare în relevarea celor din urmă, ca expresie a conexiunilor de adîncime existente între fiinţele umane.

Găsim în exemplele evocate aici toate cele trei sensuri ale exactităţii, dar adevărul apare mereu în accepţiunea de semnificaţie profundă. Este adevărat că tipurile de exactităţi discutate de Noica proliferează în secolul nostru. Cantităţi imense de informaţii exacte sînt înmagazinate în memoriile calculatoarelor, fiind luate ca punct de plecare de investigaţii analitice, comparative şi taxonomice. Astfel, dicţionarele de concordanţe pentru marile opere filosofice şi literare tind să includă toate tipurile de elemente şi de contexte identificabile într-o operă. în loc de investigarea unor eşantioane reduse, urmată de extrapolarea rezultatelor la ansamblul operei, se preferă inventarierea ei migăloasă şi exhaustivă. Această preferinţă pentru exactitate este, în bună măsură, un rezultat al posibilităţilor oferite de calculatoarele electronice moderne. Exactitatea constă aici în degajarea unor tipuri de unităţi şi studierea combinaţiilor lor posibile. Adevărul îşi propune să opereze acea selecţie care să conducă la sensul profund, de obicei ascuns, al operei.

Dar este relaţia exactitate-adevăr una în sens unic, aşa cum o descrie Noica ? Avem mai degrabă impresia că ea prezintă o structură circulară. Despre fotografie ştim azi mai bine decît în trecut că implică multe alegeri ; de aceea se şi vorbeşte de posibilitatea unei fotografii artistice. Fotografia este considerată o artă tocmai

pentru că oferă un cîmp larg de manifestare a personalităţii. Fotografia, deci, poate fi nu numai exactă, ci şi adevărată. Cel care execută o fotografie artistică este marcat de un adevăr care funcţionează ca o presupoziţie in lectura realului fotografiat, dar în acelaşi timp generează un adevăr nou, care străbate în lectura fotografiei. Dicţionarele de concordanţe sînt şi ele rezultatul unor alegeri, deoarece poartă amprenta modului în care contemporanii cuantifică şi ordonează o realitate textuală. Constatăm astfel că exactitatea şi adevărul sc află în interacţiune. Orice exactitate are la bază presupoziţiile unui anumit adevăr, dar orice lectură a exactităţii conduce la un adevăr nou, de care se poate prevala o nouă exactitate. Relaţia paradoxală, de circulari- tate, pusă astfel în evidenţă, este de acelaşi tip cu paradoxul inducţiei datorat lui N. Goodman şi C. Hempel. Modul de a vedea raporturile dintre oameni este marcat de o anumită viziune, fie şi neexplicită, a rapoartelor umane, dar acestea din urmă caută să se prevaleze de o anumită reprezentare exactă a celor dintîi. Din nou circularitate !

Nu este deci vorba de o relaţie de determinare în sens unic, de la exactitate la adevăr, ci de o interacţiune complexă a lor. Uneori, unul dintre cei doi termeni se află în criză ; a se vedea demonstrarea teoremei celor patru culori cu ajutorul calculatorului, unde exactitatea nu s-a putut converti (încă) în adevăr, deoarece nu există o percepţie globală, directă, intuitivă a ansamblului demonstraţiei.

Să ne referim acum la punctul de vedere al lui Noica, după care adevărul este (sau tinde să fie) totdeauna exact. Dacă într-adevăr această afirmaţie corespunde realităţii, atunci este vorba aici de o exactitate în altă accepţiune decît oricare

dintre cele trei menţionate mai sus. Adevărul pe care-l are în vedere Lucian Blaga în „Eu nu strivesc corola de minuni a lumii" este el unul de natură exactă ? Inefabilul şi misterul se sustrag exactităţii, indiferent de accepţiunea aleasă pentru aceasta din urmă. A căuta adevărul, în sensul de a căuta un sens vieţii, corcspunde uneia dintre nevoile umane, partea ei exactă este de obicei echilibrată de o parte vagă, care iese de sub imperiul oricărui sistem de reguli. Exactitatea goală nu poate fi decît exactitatea care nu-şi găseşte un sens. Exactul ţine de instrumentar, de transparent-opacul teoretizat de Mihai Şora (în eseul *A fi, a face, a avea,* Editura Cartea Românească, 1985), în timp ce adevărul este de natură semantică şi are o structură eterogenă, fiind parţial transparent-opac, parţial translucid (în sensul lui Şora). Noica are dreptate cînd afirmă că în secolul nostru a proliferat de multe ori exactitatea goală. Faptul acesta este deosebit de vizibil în învăţămîntul matematic, unde s-a putut vorbi, pe drept cuvînt, de o adevărată schizofrenie care a redus matematica la sintaxa ei, la instrumentar şi la aspectele artizanale, gonind preocuparea pentru sens şi pentru istorie.

Adevăr, sens, valoare

Toate exemplele propuse de Noica pentru a explica distincţia dintre exactitate şi adevăr conduc la identificarea adevărului cu sensul şi valoarea. Cînd Noica ne avertizează că în veacul nostru „exactitatea tinde să ia locul adevărului sau măcar să-i poarte numele", trebuie să înţelegem că există azi în lume o criză a sensului. Despre ce criză ar putea fi vorba ?

Vom distinge aici două aspecte, după cum este vorba de sensul lucrurilor sau de sensul vieţii ca atare. Sensul lucrurilor se pierde uneori sau pur şi simplu nu se cristalizează datorită complexităţii şi facilităţii pe care le capătă aspectele lor operaţionale. Apare astfel riscul proliferării sintaxei în dauna semanticii, în matematică, de exemplu, foarte multe investigaţii au iniţial o motivaţie exclusiv sintactică. în prezenţa unei structuri, matematicianul simte tentaţia de a-i cunoaşte toate posibilităţile logice, combinatoriale şi generative, toate variantele sub care se poate înfăţişa. Aspectul ludic nu poate fi ignorat aici. în principiu, această strategie îşi are legitimarea ei. Multe variante studiate iniţial din considerente exclusiv sintactice îşi capătă ulterior o motivaţie semantică. Exemple de acest fel există din abundenţă în toate domeniile matematicii şi în mai toate domeniile ştiinţei. Postulatul paralelelor, al lui Euclid, a interesat multă vreme din considerente exclusiv lo- gic-combinatoriale. Intervine aici interesul constant al matematicianului pentru economicitatea sistemelor de axiome pe care le foloseşte. S-au cristalizat astfel geometriile neeuclidiene. Ulterior însă, la motivaţia sintactică a acestor geometrii s-a adăugat şi una semantică, de îndată ce dezvoltarea fizicii a avut nevoie de noile geometrii. Exemplul discutat atrage atenţia şi asupra dificultăţii care există, uneori, în delimitarea semanticii de sintaxă. Structurile prozodice sînt studiate sub toate aspectele combinatoriale posibile, iar dacă o anumită variantă rămîne fără acoperire, tocmai acest fapt îi conferă un sens, punînd în evidenţă decalajul dintre ceea ce este atestat şi ceea ce este numai posibil, decalaj care trebuie şi el explicat.

Dar poate că domeniul cel mai vizibil de proliferare a sintaxei fără semantică îl constituie limbajul. Acest fenomen a reţinut atenţia multor scriitori, teatrul lui Eugen Ionesco fiind una dintre expresiile sale cele mai elocvente. Dar amploarea fenomenului i-a determinat pe lingvişti să-l studieze cu atenţie, iar o lucrare colectivă ca aceea coordonată de Jacques Maurais *(La crise des langues,* Editions Le Robert, Paris, 1984) îi acordă întreaga atenţie.

Atenţia tot mai mare acordată aspectelor sintactice este fără îndoială considerabil stimulată de facilităţile care s-au creat în prelucrarea datelor şi în efectuarea operaţiilor de rutină. Publicaţii ca „Association for Literary and Linguistic Computing Journal" şi „Association for Literary and Linguistic Computing Bulletin", care apar în Anglia, prezintă cu regularitate investigaţii textuale efectuate cu ajutorul calculatorului electronic. Asistăm aici la o adevărată proliferare a exactităţii care aşteaptă să fie inserată într-un adevăr (pentru a folosi terminologia lui Noica). Dar, aşa cum am observat şi anterior, situaţia este departe de a se prezenta sub forma unei dileme de tipul *exactitate goală — exactitate adevărată.* Să luăm la întîmplare un număr din prima revistă menţionată mai sus. Este vorba de nr. 1 din 1982. Revista se deschide cu un articol de Patricia Galloway (*Clustering Variants in the „Lai ele l'Ombre Manuscripty,",* p. 1—8). Este vorba de o analiză automată privind compararea şi filiaţia diferitelor variante în manuscris ale lucrării *Lai de l'Ombre* de Jean Renart. în ce relaţie se află aici exactitatea şi adevărul ? Exegeza ia ca punct de plecare întreaga tradiţie privind aspectele culturale şi literare ale poemului lui Renart, în special cercetarea întreprinsă de Joseph Bedier, care a şi editat de mai multe ori lucrarea în

discuţie, dar în acelaşi timp se prevalează de punctul de vedere al criticii textuale mai vechi (ca Henri Quentin, *Essais de critique textuelle,* Paris, 1926) şi mai noi (ca volumul colectiv *La pratique des ordinateurs dans la critique des textes,* Paris, 1979).

Se cristalizează astfel un sens ipotetic, o ipoteză de lucru privind filiaţia manuscriselor în chestiune ; această ipoteză conduce la selectarea anumitor elemente, a unei anumite metodologii şi a unor anumite probleme aduse în prim plan şi supuse investigaţiei. în acest proces de analiză algoritmică, se produce desigur o aglomerare de detalii care, luate izolat, pot da impresia exactităţii goale, nesemnificative, dar care participă, toate, la cristalizarea unui sens mai profund decît cel iniţial, cu care s-a plecat la drum, sau a unui sens care-l poate contrazice pe acesta din urmă. Fără îndoială că aici se produce o anumită redundanţă a exactităţii, tot aşa cum în comunicare se produce o redundanţă a informaţiei. Adevărul, sensul, faptul revelator sînt extrase dintr-un noian de detalii exacte, aşa cum metalul preţios este extras din minereu. Dar aceste analogii au limitele lor. Spre deosebire de minereu, exactitatea nu este de obicei un produs brut, ci, la rîndul ei, comportă presupoziţii de tipul adevărului. Regăsim astfel viziunea circulară după care orice exactitate se plasează între două adevăruri şi orice adevăr se inserează între două exactităţi (cu excepţia acelor adevăruri, de tipul misterului sau inefabilului, care nu se asociază cu nici o exactitate).

Mai importantă însă este dobîndirea unui sens al vieţii. A da vieţii un înţeles, iată o nevoie umană fundamentală, faţă de care multe altele sînt doar derivate. Johan Galtung *(The Basic Needs Approach,* în „Human Needs", ed. K. Lederer,

Oelgeschlager Gunn & Hain Pu- blishers, Cambridge, Mass., 1980, p. 55—125) distinge patru tipuri de nevoi umane fundamentale : nevoia de securitate, de bunăstare, de libertate şi de identitate. Ultimul tip include nevoia de autoexprimare, de creativitate, de muncă, de realizare a potenţialităţilor, de bună-dispoziţie, de afecţiune, de rădăcini, de fericire, de scop în viaţă, de sens global al întregii noastre activităţi. Intr-o altă viziune a nevoilor umane, Carlos A. Mallmann *(Society, Needs and Rights: A Systemic Approach,* p. 37—54 în volumul citat la articolul lui Galtung), nevoia de sens este explicit formulată şi aşezată la acelaşi nivel de importanţă ca şi nevoia de menţinere în viaţă.

în multe părţi ale lumii, inclusiv în unele ţări avansate din punct de vedere economic, există, în rîndul unor largi grupuri sociale, o criză a sensului, o dificultate de a conferi vieţii un sens sau de a-l păstra, odată dobîn- dit. Johan Galtung relata, într-o conferinţă ţinută la Bucureşti, despre sentimentul de alienare pe care-l dobîndesc unii norvegieni, ca urmare a nesatisfacerii nevoii de identitate într-o societate care se depărtează rapid de structurile tradiţionale. Recent, un japonez, Sumiya Haruya, mi-a vorbit despre criza de sens cu care se confruntă unii şcolari japonezi şi unii părinţi ai lor, ca urmare a dificuităţ'i de acces în stratul superior al institutelor de învăţămînt. Şi într-un caz şi în celălalt, Sinuciderile sînt. simptomul cel mai vizibil. Dar criza sensului nu se asociază aici cu nici un fel de exactitate. Aşa cum exactitatea poate fi lipsită de sens, de adevăr, şi lipsa de sens se poate lipsi de exactitate.

PROVOCAREA ENERGIEI

Energie şi timp

Un exemplu frapant de problemă interdis- ciplinară de importanţă majoră îl constituie energia. Ea implică aspecte dintre cele moi eterogene, teoretice şi practice, fundamentale şi aplicative. Cum pot fi articulate aceste aspecte în aşa fel încît sensurile majore ale energiei ca problemă globală a omenirii să nu se piardă dindărătul unor inrvestigaţii analitice reducţioniste ? De curînd a fost publicată o carte care-şi fixează tocmai acest obiectiv. Este vorba de o lucrare colectivă editată de W. van Gool şi **J.** Bruggink şi avînd titlul semnificativ *Energy and Time in Economic and Physical Sciences* (Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1985). Vom lua ca reper această lucrare, pentru o discuţie a unor chestiuni fundamentale privind energia. Toate studiile la care ne referim în continuare, în acest capitol, fac parte din lucrarea colectivă menţionată. Ne aflăm în faţa unei abordări sistematice, pe alocuri foarte tehnice, în care apare cu evidenţă rolul fundamental pe care-l are matematica în operarea unor transferuri de metode şi concepte între teritorii atît de eterogene cum sînt fizica şi economia, ştiinţele naturii şi disciplinele social-umaniste. Prin generalitatea, esenţialitatea şi concizia limbajului ei, matematica

permite să se întrevadă analogii şi transferuri altfel invizibile şi chiar inimaginabile. Prin aceasta, matematica se constituie într-un extraordinar stimulent al imaginaţiei.

Nu este însă vorba numai de fizică şi economie. în capitolul introductiv, W. van Gool arată că în ultimul deceniu a devenit evident faptul că o evaluare judicioasă a nevoilor de energie pe termen lung trebuie să se prevaleze de întreaga metodologie dezvoltată în stadiul energiei, sub aspect fizic, chimic şi tehnologic. Este deci vorba de o interferenţă mult mai complexă, in cadrul căreia ştiinţele naturii şi ingineriile asociate constituie suportul oricărei prognoze pe termen lung, formalismul matematic şi mijloacele moderne de calcul furnizînd posibilitatea de operaţionali- zare a evaluărilor.

Relaţia dintre energie şi timp s-a dovedit a fi, în această ordine de idei, „punctul fix" la care ajunge orice discuţie despre energie, indiferent de punctul de la care discuţia porneşte. Lucrul nu trebuie să mire. Energia nu poate fi înţeleasă în afara principiilor termodinamicii, unde timpul este un parametru esenţial. Totodată, orice politică energetică este confruntată cu problema *costului* energiei, iar aceasta din urmă este în ultimă instanţă o problemă de timp.

Dacă toţi autorii volumului în discuţie sînt de acord cu ideea că relaţia energie-timp domină orice analiză în domeniul energiei, modul în care această relaţie este interpretată diferă de la un autor la altul. Energia se prezintă astfel ca un cristal cu foarte multe faţete, cristal care este *ansamblul* acestor faţete, nici o faţetă luată singură neputîndu-l exiplica. Faţetele acestea sînt, în cazul energiei, de natură fizică, matematică, tehno'ogică, economică, ecologică, sociologică, politică ş.a.m.d. Timpul apare aici ca un numitor

comun, intervenind prin durate mergînd de la milioane de ani (necesare pentru formarea naturală a cărbunilor fosili) pînă la perioada de 30— 50 de ani la care se referă evaluările energetice obişnuite. Dintr-o atare discuţie nu poate fi exclus conceptul de entropie.

O simplă trecere în revistă a sumarului volumului în discuţie este sugestivă pentru aria largă de preocupări luate în considerare. W. van Gool se ocupă de entropie şi energie. Rămînînd în limitele fixate de al doilea principiu al termodinamicii, lucrul mecanic este ales ca normă fizică pentru conţinutul calitativ al energiei. Este vorba de cantitatea de lucru mecanic în care energia poate fi convertită, în ipoteza unor condiţii ideale. Acest echivalent al lucrului mecanic a fost numit, începînd din 1956, *exergie* şi corespunde la ceea ce, într-o terminologie mai veche, se desemna prin energie disponibilă sau energie liberă. W. van Gool arată că procesele spontane sînt controlate de două tendinţe, una orientată spre cea mai scăzută energie, cealaltă spre o probabilitate maximă. Cînd sînt utilizaţi cărbuni fosili, energia controlează procesul. Creşterea probabilităţii (corespunzătoare unei creşteri a entropiei) predomină în procese cu un schimb energetic scăzut, cum ar fi amestecul de gaze. într-un sistem închis, entropia creşte atunci cînd procesul este ireversibil, chiar dacă procesul este controlat de energie. W. Frank discută optimizarea utilizării energiei în două situaţii foarte frecvente : transportul lichidelor şi gazelor printr-o conductă şi încălzirea unei clădiri. R. W. Grubstrom extinde conceptul de energie la

situaţii în care nu mai este îndeplinită, ca în cazul clasic, condiţia existenţei unui mediu cu proprietăţi constante. Exergia devine o caracteristică potenţială a oricărui sistem de obiecte, corpuri, surse de căldură etc. Intervine aici un interesant principiu de simetrie. Potenţialul energetic trebuie să fie o funcţie simetrică de obiectele în chestiune, deoarece cantitatea maximă de travaliu care poate fi extrasă dintr-un sistem nu se poate modifica prin schimbarea ordinei obiectelor

.Ce spun toate aceste rezultate unui economist ? Chiar dacă nu se intră In aspectele matematice implicate aici, se pot desprinde cîteva idei semnificative : a) Orice proces cu viteză finită este inevitabil însoţit de pierderi de energie. Dar acestea sînt exact procesele în caro sîntem vital interesaţi, deoarece viaţa poate fi menţinută numai dacă materialele necesare sînt obţinute cu o rată finită. Transportul presupune o viteză pozitivă, dar cu cît mergem mai repede cu atît mai mari sînt pierderile de energie („haste makes waste") ; b) Tipul de informaţie discutat de W. Fiank este implicat în orice situaţie în care evaluările economice au nevoie de o funcţie inginerească de producţie ; c) Faptul că entropia creşte atunci cînd un proces reversibil are loc într-un sistem inchis reflectă tendinţa naturii de a căuta situaţiile cele mai probabile. însă rolul combustibililor este determinat de tendinţa de a dobîndi o stare energetică joasa, într-un atare proces este posibil chiar ca entropia să descrească ; d) Entalpia (capacitatea de a produce lucru mecanic) şi exergia sînt parametri distincţi asociaţi unui proces ; e) într-un proces ireversibil, entalpia se conservă iar exergia se degradează. Situaţia poate fi comparată cu aceea a aerului sub presiune dintr-un cauciuc de automobil. Cînd cauciucul se sparge, aerul, ca şi entalpia, nu se pierde ci numai se eliberează. Presiunea însă, ca şi exergia, dispare. în legătură cu evaluarea o- nergiei, apare posibilitatea de a ne baza pe entalpie (aşa cum se obişnuieşte) sau pe exer- gie. Pentru combustibilii fosili uzuali

nu apare o deosebire importantă între cele două căi. Cînd însă căldura şi electricitatea sînt produse în cogenerare, diferenţa poate fi importantă.

Economicul şi tehnologicul în sistemul energetic

Cum se manifestă dependenţa temporală a fenomenelor economice în raport cu energia ? Vom examina în continuare cîteva puncte de vedere.

Wolfgang Strobele *(An economist definition of the energy problem: On the optimal inter- temporal allocation of exergy, op. cit.,* **p. G1—** 78) consideră că din punct de vedere economic problema energiei este o chestiune de optimizare intertemporală. Economisirea de energie apare ca o problemă derivată ; ceea ce interesează în primul rînd este avantajul obţinut din consum. Strobele se referă la trei tipuri de laborator al analizei teoretice. Laboratorul A este constituit de domeniul termodinamicii. Aici, orice proces implică un mare consum de energie. Minimele termodinamice impur» un capital iniţial *K* (constînd în maşini, clădiri, unelte şi alte echipamente) arbitrar de mare. Notînd cu *R* resursa iniţială de energie măsurată în unităţi fizice şi adoptînd pentru evoluţia stocului de capital o descriere cu ajutorul unei funcţii de tipul descompunerii radioactive, trebuie calculată pierderea de capital *m.k* de-a lungul procesului de producţie. Dacă o unitate de capital corespunde unei energii egale cu *a.k,* atunci cantitatea totală de energie iniţială care trebuie atribuită procesului de producţie este *E = R + a.m.k.* Pentru Strobele, procesul de producţie apare ca o problemă de alocare intertemporală a capitalului şi energiei. Modelul matematic pleacă de la ipoteza că producţia este proporţională cu exergia şi

de la faptul că energia este suma dintre ex- ergie şi anergie. Se obţine un sistem de ecuaţii diferenţiale cu anumite condiţii iniţiale.

Laboratorul *B* are drept cadru teoria economică a resurselor naturale. Aici, evaluările se obţin cu ajutorul unor integrale ale unor funcţii de prosperitate care măsoară consumul în raport cu timpul. Se acceptă că într-o situaţie iniţială dată *toate* intrările sînt în cantitote modestă. Problema energiei devine acum una de descreştere optimală a stocului de resurse şi de creştere simultană a stocului de capital. Din nefericire, cele două recomandări principale care rezultă din această abordare, anume „substituirea continuă" şi „progresul tehnic infinit" nu funcţionează în ceea ce priveşte resursele de energie : ele trebuie să violeze legile termodinamicii.

O abordare sintetică generează un nou laborator C, care ia în considerare penuria de energie şi de capital iniţial. Legile termodinamicii impun utilizarea în viitor a unor energii ca energia solară, fuziunea etc. Aceasta înseamnă că, din punctul de vedere al unui economist, într-o fază cu un capital foarte redus de echipament, poate deveni optimală tocmai „pierderea", din punct de vedere tehnic, a energiei. Modelul matematic corespunzător revine la o problemă de control optimal. Concluzia lui Strobele : într-o economie care foloseşte resurse de energie provenind din stocuri finite sîntem confruntaţi cu o creştere a preţurilor energiei şi o scădere a ratei profitului pe capital, pînă la asigurarea tranziţiei spre o nouă tehnologie. Orice proiect privind energia trebuie să fie evaluat într-un context dinamic.

Pe Adrian Gheorghe *(Paradigms in energyt time relationship, op. cit.,* p. 81—102) îl interesează calitatea deciziilor în

politica energetică şi, in acest scop, pune accentul pe mecanismele de interacţiune ale sistemului energetic cu celelalte sisteme. în centrul atenţiei se află *macrotimpul,* manifestat prin discontinuităţile care pot să apară în dezvoltarea unui program general de dezvoltare energetică, in funcţie de pătrunderile unor noi surse de energie, înlocuirea unor surse tradiţionale, problemele de risc şi de securitate în exploatarea energiei, complexitatea tehnologiilor energetice etc. A. Gheorghe explică necesitatea unor modificări structurale în ordinea energetică, a unor scenarii care să permită elaborarea unei politici energetice cît mai rezonabile. Absenţa unui consens în ceea ce priveşte semnificaţia crizei energetice mondiale a redus considerabil eficacitatea planurilor energetice de amploare. Provocarea energiei s-a conturat ca rezultat al unor evoluţii îndelungate legate de natura intensiv energetică a societăţii moderne, atît în procesul de producţie, cît şi în serviciile furnizate ; de orientarea excesivă spre petrol şi de utilizarea şi administrarea defectuoasă a energiei. A. Gheorghe crede că în vederea unui consens pentru o politică energetică globală este necesar să se accepte că statutul actual al energiei în lume este inacceptabil, mai cu seamă într-o perspectivă mai îndepărtată, şi că sistemele de energie trebuie să devină mai apte de schimbare din punct de vedere tehnic, economic şi social.

Pentru a înţelege natura discontinuităţilor care se pot manifesta în cadrul unui program de dezvoltare energetică, drept urmare a unor decizii umane, Gheorghe se prevalează de instrumentul teoriei catastrofelor. Confruntarea topologică a unor politici energetice distincte are în vedere interdependenţa dintre epuizarea unor resurse energetice şi rata dorită de dez-

voltare economică şi socială, măsurată prin agregarea unor indicatori relativi la energie, capital etc. Este de asemenea luată în considerare necesitatea coexistenţei unor tehnologii energetice aparţinînd unor generaţii diferite. Faţă de întrebări atît de grave ca : „Ce se întîmplă dacă nu acceptăm schimbarea ?" sau „Este posibil să ni se impună cu forţa o modificare structurală ?", Adrian Gheorghe arată că modelele teoriei catastrofelor dau celei de a doua întrebări, cel puţin în principiu, un răspuns afirmativ, deci implicit rezultă că ne- acceptarea schimbării poate avea urmări grave. Sistemul energetic al unei economii este reprezentat printr-o colecţie de tehnologii asociate cu diferite ponderi. Ponderea unei tehnologii poate fi exprimată prin costul ei, adică prin raportul dintre suma de bani investită în tehnologia respectivă (de la cercetare pînă la exploatare) şi suma M totală de bani disponibilă pentru întregul sistem energetic. Se distinge între tehnologiile efectiv folosite, de cost Mi, şi cele potenţial utile, de cost M_2. O decizie care, la un anumit moment, duce la o schimbare structurală în sistemul energetic revine la o redistribuire a cantităţii fixe M între cele două grupe de tehnologii. Orice alocare de tipul (Mi, M_2)

»■ (Mi—1, M_2 + 1)

este o tranziţie care întăreşte grupa a doua,

în timp ce o alocare de tipul (Mi, M_2)

>

(Mi + 1, M2—1) întăreşte prima grupă. Procesul de decizie este stohastic şi cooperativ. O modificare catastrofică în sistemul energetic este cu atît mai probabilă cu cît cunoaştem mai puţin legăturile dintre aspectele economice şi cele tehnologice ale energiei.

Fizica şi Economia se provoacă reciproc

Nu putem insista aici mai mult asupra cercetărilor efectuate de Adrian Gheorghe, cercetări prezentate anterior şi care au relevanţă şi în ceea ce priveşte perspectiva energetică românească, în special în domeniul nuclear. Cititorul român poate însă urmări aceste cercetări şi în diferite publicaţii româneşti. De altfel, la Institutul Politehnic din Bucureşti Adrian Gheorghe este de mai mulţi ani activ în acest domeniu, împreună cu colegii şi colaboratorii săi Ionuţ I. Purica, Mihai Stoica şi Dan Vamanu. Adrian Gheorghe contribuie de mai mulţi ani cu cercetări în domeniul energiei la colaborarea dintre Universitatea din Bucureşti şi Universitatea Naţiunilor Unite.

O urmărire istorică sistematică a influenţelor conceptelor fizicii asupra dezvoltării gîn- dirii economice este întreprinsă de John L. R. Proops *(Thermodynamica and Econo- mics; from analogy to physical functioning, op. cit.,* p. 155—174). Mecanica newtoniană a constituit primul domeniu al fizicii de unde economia şi-a transferat concepte. Aceasta s-a întîmplat în secolul al XlX-lea. In 1834, Hamil- ton, continuînd opera lui Lagrange, a dat mecanicii newtoniene o formulare generală, pe baza unui principiu de maxim. Aceasta a permis, prin folosirea calculului variaţiilor, să se obţină o definire şi clasificare a stărilor de echilibru ale sistemelor mecanice. însă experienţa comună arată că între cantităţile de bunuri oferite spre vînzare şi preţurile la care se face vînzarea se stabileşte o relaţie aproximativ constantă de la un an la altul. Acest fapt permite lui L. Walras (*Elements d'Economie Politique Pure,* Corbaz, Lausanne, 1874) să re-

formuleze relaţia bunuri-preţuri ca o problemă de echilibru. Analogia dintre metoda lui Walras de analiză a echilibrului pieţii şi metoda lui Lagrange privind echilibrul mecanic a fost discutată de A. G. Pikler *(Optimum allocation in econometrics and physics,* „Weltwirtschaft- liches Archiv", 66, 1951, p. 97—132) şi L. Amo- roso *(Theorie mathematique de l'equilibre economique,* „Econometrica", 18, p. 64—80). O analogie mai generală între teoria cîmpului şi teoria utilităţii a fost încercată de F. Y Edge- worth *(Mathematical psychics,* Paul, London, 1881), care are drept termen de referinţă cîm- purile de forţe considerate de Maxwell, atît de utile în analiza stărilor de echilibru ale corpu- rilor care interacţionează la distanţă. Este poate aici, locul să evocăm şi mecanica socială a lui Spiru Haret *(Mecanique sociale,* Gauthier- Villars, Paris, 1910), care operează un transfer de concepte din mecanică în domeniul economic, intelectual şi moral, transfer deosebit de îndrăzneţ pentru acea vreme. Haret discută echilibrul social în analogie cu echilibrul mecanic. O reconsiderare a ideilor lui Haret în lumina teoriei matematice a jocurilor de strategie a fost efectuată de Mircea Maliţa.

Mai este oare nevoie să amintim că toate transferurile semnalate mai sus, ca şi cele care vor urma, între fizică şi economie, se bazează pe matematică ? Sensul tuturor analogiilor la care ne referim nu poate fi înţeles în afara matematicii. Este vorba mereu de unul şi acelaşi fapt : unele aspecte ale producţiei şi schimbului comportă reprezentări matematice în termenii unor relaţii funcţionale deja explorate. Transferul este mai totdeauna operat dinspre disciplina mai avansată spre cea mai puţin avansată metodologic ;

şi care disciplină putea concura, din acest punct de vedere, mecanica ?

Forţa analogiei apare cu deosebire la P. A. Samuelson (de exemplu, în *Maximum principles in analytical economics,* „American Economic Review", 62, 1972, p. 249—262). într-o lucrare a sa mai veche însă *(Foundations of economic analysis,* Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1948) Samuelson exprimă unele relaţii economice ca o formă a principiului lui Le Chatelier. Acest principiu afirmă, în esenţă, că dacă asupra unui sistem sînt impuse anumite constrîngeri, atunci sistemul va reacţiona în sensul neutralizării sau negării constrîngerilor. Putem exprima aceasta compa- rînd schimbările izoterme (deci sub temperatură constantă) cu cele adiabatice (izolate termic, deci sub entropie constantă) : derivata parţială a volumului în raport cu presiunea are în primul caz o valoare care nu întrece pe aceea din cazul al doilea. Samuelson compară această relaţie cu aceea a efectului pe care-l au asupra unui proces de producţie cu două intrări modificările cantităţilor de produse şi preţurilor lor. Dacă produsele au preţurile P\ şi p2 iar în proces intervin din aceste produse cantităţile Qi şi respectiv q_2, atunci, presupunînd că produsul al doilea este supus unei constrîngeri (de cantitate fixă sau de preţ fixat), sînt posibile două situaţii. în prima q_2 e m»nţinut constant. Dacă mărim pe Pi, atunci (după cum arată Samuelson) q^ se reduce, deci derivata parţială a lui qi în raport cu pi nu poate fi pozitivă. în a doua situaţie p_2 este menţinut constant. Dacă din nou mărim pe pi, atunci qj se va reduce la o valoare mai mică decît în situaţia întîi, cu alte cuvinte derivata parţială a lui qi în raport cu Pi, cînd p_2 e fix, nu întrece derivata parţială a lui qi în raport cu p_h cînd q_2 e fix (această din urmă derivată parţială fiind negativă

sau nulă). Ceea ce s-a obţinut este exact analogul principiului lui Le Chatelier, dacă în locul volumului se ia cantitatea q! din primul produs, în locul presiunii se ia preţul p_u în locul cantităţii q_2 din al doilea produs se ia entropia iar în locul temperaturii se ia preţul p_2 al celui de al doilea produs.

Deosebirea dintre procedarea lui Samuelson în exemplul analizat şi procedările discutate anterior este clară. *Dacă anterior analogia cu fizicul era sursa formulării unei relaţii economice, aici, dimpotrivă, formularea unui principiu economic permite observarea unei analogii cu lumea fizică.* Avem deci două feluri de analogii, unele operate *a priori,* altele *a posteriori.*

în analogia pusă în evidenţă de Samuelson apare o relaţie între variabile termodinamice, adică variabile (ca presiunea, volumul şi temperatura) care identifică proprietăţi macrosco- pice ale materiei supuse lucrului mecanic şi căldurii. Primul izomorfism între termodinamică şi teoria economică este atribuit de Proops lui I. Fisher *(Mathematical investiga- tions of the theory of values and prices,* „Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences", 9, 1892, p. 11—126) care a pus în relaţie utilitatea marginală cu forţa, utilitatea cu energia şi neutilitatea *(disutility)* cu lucrul mecanic. H. T. Davis *(The theory of econometrics,* Principia, Bloomington, 1942) şi
J. H. C. Lisman *(Econometrics and thermodynamics : a remark on Davis' theory of bud- gels,* „Econometrica", 12, 1949, p. 59—62), în cercetările lor privind teoria bugetelor, au pus în analogie entropia cu utilitatea monedei ; de aici se ajunge la analogia dintre venit şi căldura procurată, dintre economii şi energia internă, dintre cheltuieli şi lucrul mecanic extern efectuat

de sistem etc. Identificarea entropiei cu utilitatea şi a venitului cu căldura apare şi la A. G. Pikler *(Utility theories in field physics and mathematical economics,* „British Journal for the Philosophy of Science", 5, 1954, p. 47—58 ; 303—318). Mai recent, analogii între variabile termodinamice economice apar la J. Bryant *(A thermodyna- mic approach to economics,* „Energy Economics", 4, 1982, p. 36—50).

Energie, istorie, cultură

în continuarea analogiilor dintre fizic şi economic, prezentată de Proops, să menţionăm pe L. Winiarski *(L'energie sociale et ses mesura- tions,* „Revue Philosophique", 49, 1898, p. 237—287), care încearcă să aplice la fenomenele sociale unele rezultate din mecanica statistică. El compară fiinţele umane cu particulele moleculare din teoriile fizice ale vremii sale, interacţiunea acestor „particule u- niane" fiind determinată, între altele, de diferenţa dintre sexe. Analogii de acest fel revin şi în scrieri mai recente ; de exemplu, V. Daniel *(Physical principie in human cooperation,* „Sociological Review", 44, 1952, p. 107—134 ; *The uses and abuses of analogy,* „Operation Research Quarterly", 6, 1955, p. 32—46) studiază în acest fel fenomenele cooperative în cadrul grupurilor umane. Pentru Daniel, interacţiunea socială se dezvoltă în analogie cu interacţiunea dintre particule (în solide şi în lichide), care poate fi exprimată în termeni de relaţii între gradul observat de ordine şi nivelul corespunzător al activităţii de dezorganizare (căldura). In această ordine de idei, să mai amintim că E. H. Kerner (A *statistical mechanics of interacting biologica! species,* „Bulletin of

Mathematical Biophysfcs", 19, 1957, p. 121—146) a arătat că ecuaţiile lui Volterra care descriu populaţiile de specii aflate în interacţiune de tipul răpitor-victimă pot fi convertite într-un model în termenii mecanicii statistice, in care temperaturile şi fluxurile de căldură capătă o interpretare biologică.

Este izomorfismul dintre teoriile economice şi cele fizice rezultatul forţat al unor obsesii metaforice sau ascunde el fenomene mai profunde ? Un răspuns pe deplin satisfăcător nu a fost încă dat, dar rezultatele existente pledează pentru a doua variantă a alternativei. O. I. Franksen *(Mathematical programming in physics by physical analogies,* „Simulation", 12, 1969, p. 297—314 şi 13, 1969, p. 25--42 şi p. 63—87 ; *Basic concepts in engineering and economics,* în I. I. van Dixhoom and F. Y. Evans, eds., *Physical structure in systems theory,* Academic Press, London, 1974, p. 247— 278) crede că teoria economică şi teoria reţelelor electrice pot fi formulate, amîndouă, ca ramuri ale programării mecanice, în aşa fel încît să se pună în evidenţă analogii între voltaje şi preţuri, între curenţi şi fluxuri de mărfuri, între admitanţă electrică şi elasticitate, între inductanţă mutuală şi elasticitate încrucişată, între legea conservării energiei (primul principiu al termodinamicii) şi legea lui Walras (după care satisfacerea nevoilor este echivalentă cu necesitatea unui echilibru). Putem deci aprcfunda comportamentul economic prin studiul circuitelor electricc. însă, deoarece studiul circuitelor electrice este oricum de natură matematică, Proops este de părere că prea puţin s-ar cîştiga prin inserarea teoriei reţelelor electrice între degajarea unor modele ale sistemelor economice şi analiza matematică a acestor modele.

Să adăugăm, însă, la consideraţiile lui Proops, faptul că studiul circuitelor electrice a profitat de viziunea fecundă provenind din logica matematică (Shannon, Şestakov, Gavri- lov, Moisil), viziune de care poate beneficia, prin intermediul analogiei dezvoltate de Franksen, şi studiul sistemelor economice. Aici, ca şi in aite explorări (A. G. Pikler, *Utility theories in field physics and mathematical economics,* „British Journal for the Philosophy of Science", 5, 1954, p. 47—58 şi p. 303—318 ; M. Stone, *Synthesising economics and physics,* „Speculations in Science and Technology", 1, 1978, p. 453—463), este vorba de o unificare teoretică prin care două clase de fenomene de natură foarte diferită capătă o aceeaşi ordonare şi un acelaşi tratament; rămîne de văzut dacă, prin acest fapt, se obţine şi o explicaţie unică a celor două clase de fenomene, un mod unic de a înţelege geneza şi evoluţia lor. Există o contiguitate a fizicului şi economicului ? Evident, da. Despre aceasta va fi vorba în cele ce urmează.

Să evocăm mai întîi, urmîndu-l pe Proops, o cercetare mai veche întreprinsă de W. S. Je- vons *(The coal question,* McMillan, London, 1865), care observă că mobila, îmbrăcămintea şi transportul incorporează în mare măsură cărbune. Dar, arată Proops, dacă in această afirmaţie înlocuim cărbunele prin energie obţinem o altă afirmaţie, care explică natura fizică a economiei. înţelegem astfel nevoia universală de energie liberă, fără de care nu putem concepe producerea şi transformarea bunurilor, ca element de bază al activităţii economice. Desigur, Jevons are în vedere rolul energiei în secolul al XlX-lea în Anglia, dar autori mai recenţi au demonstrat că observaţiile lui Jevons au o valabilitate generală. F. Cottrell *(Energy and Society,* McGraw Hill,

London, 1955) consideră că folosirea energiei este factorul determinant major al comportamentului social, dezvoltînd o adevărată teorie energetică a istoriei. Idei similare apar la L. A. White *(The science of culture,* Grove, .New York, 1949 ; *The energy theory of cultural development,* în K. M. Kapodia, ed., *The Ghurye felicitaton volume*, Popular Book Dept., Bombay, 1955, p. 1—10), care se exprimă răspicat : „Toate sistemele culturale, ca şi toate sistemele biologice, pot fi reduse la un numitor comun : energia. Energia este o dimensiune universală a culturii" (p. 1). După White, gradul de dezvoltare a unei culturi este proporţional cu cantitatea de energie implicată, ceilalţi factori fiind constanţi. Energia utilizată de un sistem social devine astfel o măsură a dezvoltării sale culturale.

Dincolo di combustibilii fosili _

După Proops, tentativa cea mai ambiţioasă de a exprima fenomenele sociale în funcţie de folosirea socială a energiei aparţine lui H. T. O- dum *(Environment, power and society,* Wiley, London, 1971 ; *Energy, ecology and economici,* „Ambio", 2, 1973, p. 220—227). Fiind ecolo- gist, Odum cercetează ecosistemul şi, în mod particular, structura f uxurilor de energie în cadrul ecosistemelor. într-un ecosistem, energia pătrunde prin fotosinteza plantelor. Plantele sînt mîncate de ierbivore, care la rîndul lor sînt mîncate de carnivore, prin mîncare energia fiind transferată de la cel mîncat la cel care mănîncă. Metabolismul plantelor şi anima'elor răspîndeşte energie, menţinînd astfel o balanţă energetică pentru un sistem în echilibru. Interacţiunea dintre diferite părţi ale unui

ecosistem poate fi văzută în mod rezonabil în termeni de transferuri de energie în cadrul ecosistemului. Odum extinde această metodă (incluzînd o reprezentare simbolică destul de complicată) la fenomene economice şi la sisteme politice şi religioase, orientîndu-se după ideea că banii şi energia se scurg în direcţii opuse. De aici se desprinde o amplă teorie a reprezentărilor energetice ale interacţiunilor sociale.

Insă, după părerea lui Proops, este vorba de un edificiu greşit construit. Proops consideră următoarele trei situaţii : (1) un leu care mănîncă o antilopă cîştigă energie ; (2) un om care cumpără alimente schimbă bani pentru energie ; (3) cînd cumperi un automobil, schimbi bani pentru o bucată de metal care-i un potenţial depozit de energie consumată. Dacă modelul lui Odum este corect, atunci în cazul (3) schimbul este dezavantajos, în contrast cu situaţia reală. Un automobil este un bun iar alimentele sînt şi ele bunuri. Alimentele conţin şi energie utilă. Satisfacţia pe care o obţinem din această energie explică de ce cumpărăm alimente, dar nu explică şi de ce cumpărăm un automobil. Cînd Odum asociază fluxuri de energie cu transferul de bunuri, el trebuie, dacă nu vrea să cadă în eroare, să folosească un limbaj de tipul „ca şi cum" : un automobil este schimbat pe bani ca şi cum am schimba pe bani energia consumată pentru a-l fabrica. Dar care-i energia asociată cu „producerea" unei antilope ? Odum omite să specifice că fluxurile de energie la care se referă sînt pur imaginare.

De Ia ideea că istoria este determinată de utilizarea socială a energiei nu-i decît un pas pînă la a susţine că valoarea bunurilor este determinată de „conţinutul" lor de energie. Prin „conţinut" se înţelege sau energia care poate fi eliberată din bunul respectiv (cum se întîmplă cu

petrolul, cărbunele şi alimentele) sau energia folosită pentru producerea bunului respectiv.

Unul dintre primii exponenţi ai acestei teorii a fost L. Winiarski *(L'energie sociale et ses mesurations,* „Revue Philosophique", 49, 1898, p. 113—134 şi p. 237—287), care sugerează că măsura „transformării" (disipării ?) energiei intr-o economie ar fi banii cheltuiţi. Ulterior, W. Ostwald (*The modern theory of energetics,* „The Monist", 17, 1907, p. 481—515) a propus o teorie energetică a valorii, ca parte a unei teorii energetice generale a universului. Mai explicit se exprimă în acest sens F. Soddy (*Matter and energy,* Thornton Butterworth, London, 1912, p. 34) : „Energia şi bogăţia sînt sinonime". Acelaşi autor (F. Soddy, *The role of money,* Routledge, London, 1934) pretinde că teoria marxistă a valorii ca produs al muncii ar fi un caz particular al teoriei energetice a valorii. De altfel, aşa cum arată M. Desai (*Marxian economics,* Gray-Mills, London, 1974), relaţia dintre intrările sub formă de muncă şi preţurile ieşirilor a fost de mult recunoscută. Printre alţii, P. A. Samuelson (*Understanding the Marxian notion of exploitation,* „Journal of Economic Literature", 9, 1971, p. 399—431) a discutat posibilitatea de a reconcilia intrările sub formă de muncă şi preţurile asociate în teoria clasică a echilibrului pieţii. Dar, crede Proops, ideile lui Samuelson nu prea le susţin pe cele ale lui Soddy. Mai întîi, dacă „munca" este gîndită ca „travaliu fizic uman", nu pare să rămînă vreo valoare disponibilă să dea seamă de alte surse de energie, în al doilea rînd, argumentează Proops, pentru Samuelson, munca este un timp schimbat cu bunuri. Nu interesează dacă acest timp este ocupat cu extragerea cărbunelui sau cu manipularea unor hîrtii, deoarece relevant

aici nu este aspectul fizic al muncii, ci cel social.

După 1973, ca urmare a creşterii rapide a preţului petrolului, s-a intensificat cercetarea privind rolul energiei în producţie. S-a cristalizat astfel un domeniu nou, Analiza energiei (Energy Analysis), în care se urmăreşte corelaţia dintre utilizarea energiei şi activitatea economică (producţia de bunuri şi servi- ciile). M. Slesser *(Energy analysis and technology assessment,* „Technology Assess- ment", 2, 1974, p. 201—208) explică raţiunea de a fi a acestei analize prin referire la în- tîmplarea unui avion care se prăbuşeşte într-o insulă pustie. Supravieţuitorii îşi pun imediat problema organizării resurselor fizice de care dispun şi ajung la concluzia că resursa cea mai preţioasă este ceea ce le-a mai rămas din provizia de combustibil. Este singura energie intensivă de care ei dispun şi cu care ei pot să topească metalul, să pună în funcţie motoare, să trimită semnale radio şi să producă îngrăşăminte. Dacă dispun şi de cunoştinţele necesare, ei pot folosi ultimele resurse de combustibil pentru a produce celule solare, cu care să obţină o aprovizionare perpetuă cu energie intensivă. Dar, orice ar face, energia stocată pe această insulă rămîne limitată.

Care este sensul acestei parabole ? Societatea modernă depinde aproape în întregime de combustibilii fosili necesari pentru producerea bunurilor pe care ea le consumă. Dar combustibilii fosili sînt în cantitate limitată şi trebuie găsite alte surse de energie, inepuizabile. Analiza energiei urmăreşte efectele pe care le produc schimbările de preţuri la diverşi combustibili asupra preţurilor mărfurilor pe piaţă. Aici intervine, firește, şi evaluarea energiei investite, direct sau indirect, în producerea unui bun (J. L. R.

Proops, *Input-out- put analysis and energy intensities,* „Applied Mathematical Modelling", 1, 1977, p. 181—186 ; R. A. Herendeen, *Input-output techniques and energy cost of commodities,* „Energy Policy", 6, 1978, p. 162—165). O altă problemă importantă este estimarea nevoilor de energie ale economiei, pe baza cererii pe care consumatorii o anticipează în ceea ce priveşte producţia de bunuri. Aici intervine şi evaluarea ratei de epuizare a combustibililor fosili ne-regenerabili. M. W. Gilliland (*Energy analysis and public policy,* „Science", 189, 1975, p.
1051—1056) propune măsurarea impactului activităţilor economice asupra mediului, folosind energia ca o unitate comună care ar permite internalizarea, în cadrul procesului economic, a factorilor iniţiali externi ai mediului. Valoarea energetică a mediului este dată de cantitatea de energie solară folosită de ecosistem pentru a face posibile producţia şi serviciile, tot aşa cum valoarea unei mărfi este dată de cantitatea de combustibil fosil folosită de maşini pentru obţinerea produsului respectiv.

Organizare economică şi energie

An.iliza energiei a condus pe unii autori la o teorie energetică a valorii, teorie care a dat naştere multor controverse (vezi, de exemplu, D. A. H'iettner, *Net energy analysis: an economic assessment,* „Science", 192, 1976, p. 101—1U4). Aceste critici cunosc o formă extremă la M. Webb şi D. Pearce *(The economics* o/ *energy analysis,* „Energy Policy", 3, 1975, p. 318—331), care văd în Analiza energiei un simplu instrument empiric pe baza căruia, în condiţii simplificatoare, este pusă în evidenţă importanţa energiei în producţie.

Reacţiile la aceste critici nu au întîr- ziat. M. Common *(The economics of energy analysis reconsidered,* „Energy Policy", 4, 1976, p. 158—165) consideră că, prin analiza energiei, ştiinţele economice au redescoperit natura finită a mediului în care se desfăşoară activitatea economică, însă economiştii nu au mers încă prea departe în stabilirea implicaţiilor acestui fapt. Este vorba aici de o polemică între ingineri şi economişti ? Analiza energiei integrează inevitabil aspecte multiple, de la cele inginereşti la cele economice, de la cele ecologice la cele umane. Este probabil inevitabilă ciocnirea, aici, a viziunii pur economi- ciste tradiţionale cu interpretările mai noi, promovate de noua revoluţie ştiinţifică şi tehnologică. Un inginer sau un fizician se apropie de fenomenul economic cu o altă mentalitate decît economistul, dar impactul economic al energiei este prea important pentru a-l putea accepta într-o viziune reducţionistă. Este necesară articularea şi integrarea tuturor punctelor de vedere.

Urmărind în continuare itinerarul la care ne invită Proops, ne vom referi acum la relaţia energiei cu organizarea economică şi comportamentul economic. Este invocat mai întîi J. Davidson (*One of the physical foun- clations of economics,* „Quarterly Journal of Economics", 33, 1919, p. 717—724), care s-a ocupat de legea veniturilor descrescînde, con- siderînd-o o consecinţă a interacţiunii fizice dintre diferitele proporţii ale agenţilor productivi, ca îngrăşăminte şi sol, maşini şi oameni etc. în mod inevitabil se insinuează aici şi matematica. Davidson caută să arate că legea scăderii veniturilor are la bază fenomene de natură fizico-chimică şi, datorită acestui fapt, poate fi exprimată probabilistic. în combinarea aleatoare a două mulţimi, dacă una dintre mulţimi creşte continuu, numărul probabil de

„perechi mixte" creşte de asemenea, dar rata acestei creşteri descreşte. Prin analogie, adăugarea continuă a unor elemente productive într-un proces de producţie va conduce la o descreştere a veniiurilor pentru fiecare unitate adăugată.

O generalizare a acestor idei s-a obţinut prin considerarea activităţii economice în relaţie cu entropia. Entropia este o variabilă termodinamică ; ea creşte cînd un sistem izolat tinde spre echilibru termodinamic (caracterizat prin absenţa oricărei tendinţe de schimbare termodinamică în sistem). Disiparea (consumul) energiei pare inerentă funcţionării sistemelor economice. Această disipare constă în dispersarea energiei conţinute în combustibil sub formă de căldură inutilizabilă (pierdută), constituind astfel un proces de generare a entropiei. Ajuns la acest punct, Proops se referă pe larg la N. Georgescu-Roegen (ale cărui idei sînt bine cunoscute cititorului român, din cartea care i s-a tradus la Editura Politică, în colecţia „Idei contemporane"), care încă în 1971 observa (urmîndu-l pe E. Schrodinger) că întreaga viaţă economică se bazează pe *entropie redusă,* condiţie absolut necesară ca un lucru să fie util. Proops întreprinde radiografia acestui raţionament, formulînd ipoteza că Georgescu-Roegen a folosit următoarea inferenţă : (1) economiile se bazează pe entropie scăzută, (2) lucrurile necesare într-o economie sînt „utile", deci (3) lucrurile utile au o entropie scăzută. însă, observă Proops, (3) nu decurge necesar din (1) şi (2). Trebuie să luăm în considerare şi premisele ascunse : (a) toate lucrurile utile prezintă nivele similare de entropie, (b) toate lucrurile utile au utilizări asemănătoare. Drept contra-exemplu la concluzia lui Georgescu-

Roegen, Proops se referă la utilitatea aerului fluorizat, în opoziţie cu apa pură.

însă elementul principal în argumentarea lui Georgescu-Roegen i se pare lui Proops a fi faptul că producţia de bunuri are nevoie de maşini, care în general nu pot fi făcute din materiale naturale, ci din materiale fabricate, de entropie scăzută. Se sugerează astfel că economiile constau în dispozitive de entropie joasă, a căror funcţionare însă generează entropie. Proops pune în contrast această idee a lui Georgescu-Roegen cu aceea a lui K. E. Boulding (*Economics as a science,* McGraw Hill, London, 1970 ; pentru dezvoltări ulterioare a se vedea R. E. Overbury, *Features of a closed-system economy,* „Nature", 242, 1973, p. 561—565 ; J. M. English, *Economic concepts to disturb the engineer,* „Engineering Economist ASEE", 19, 1974, p. *141—152 ; Economic theory-new perspectives,* în **J. J.** van Dixhoom and F. **J.** Evans eds.,
Physical structure in systems theory, Academic Press, London, 1974, p. 279—296), după care *producţia* de bunuri corespunde unui proces de descreştere a entropiei, în timp ce *consumul* de bunuri corespunde, dimpotrivă, unui proces de creştere a entropiei.

Proops consideră că utilitatea unor bunuri *nu* este, în general, legată necesar de entropia lor, chiar dacă în unele cazuri, ca cel al minereului de fier, consumul unui bun poate duce la o *descreştere* a entropiei sale. Mai fundamentală decît entropia fizică a bunurilor şi decît entropia creată prin folosirea lor în producţie i se pare lui Proops problema relaţiilor de organizare în cadrul unei economii, aşa cum se reflectă ele în energia disipată de această economie. Autori ca Boulding şi English (lucrările menţionate mai sus) şi R. N. Adams *(Energy and structure,* Texas

Univ., Austin, 1975) văd o corelaţie pozitivă între gradul de organizare al unei societăţi şi energia pe care ea o cheltuieşte. După Boulding şi English, organizarea determină utilizarea de energie, în timp ce pentru Adams utilizarea de energie determină organizarea, în consonanţă cu teoriile energetice ale istoriei. Insă nici unul dintre aceşti autori nu aprofundează problema, crede Proops, pentru care legătura dintre energie şi organizare nu poate fi investigată serios şi modern fără referinţă la conceptele de entropie şi informaţie.

Prin entropie şi informaţie, de la fizică la economie

Entropia unui sistem este o variabilă fundamentală în orice analiză termodinamică. Definiţia macro-fizică a entropiei S se referă la un sistem izolat : dS=diQ/T, unde d^ nu este o diferenţială exactă, iar integrala diferenţialei d.S este nenegativă, anularea ei pro- dueîndu-se numai în cazul proceselor reversibile. într-un proces ciclic ireversibil entropia unui sistem izolat creşte ; acesta este sensul celui de al doilea principiu al termodinamicii. O expresie alternativă, micro-fizică, a entropiei S este dată de $-kN$ (sumă de Pi log P_t) $+ C$, unde k este constanta lui Boltzmann, N este numărul micro-componentelor sistemului, C este o constantă iar P« este probabilitatea de găsire a unei micro-componente în elementul partiţionat de rang i al spaţiului de poziţii şi viteze. Interpretarea euristică obişnuită a entropiei este aceea a „gradului de amestec" *(mixed-upness)* pe care-l prezintă sistemul. Funcţia dată de suma produselor $P_($ log Pi este maximizată atunci cînd valorile $P_($ sînt egale, cu alte cuvinte, sistemul este maximal „amestecat" atunci

cînd probabilitatea unei componente de a se găsi într-un element al spaţiului fazelor este aceeaşi pentru fiecare element.

O altă linie de gîndire se referă la entropia informaţională (C. E. Shannon, W. Weaver, *The mathematicăl theory of communication,* Uniw. of Illinois Press, 1949). Aceasta i-a condus pe E. T. Jaynes (*Information theory and stalistical mechanics,* „Physical Review", 106, 1957, p. 620-630 şi 108, 1957, p. 171-190) şi M. Tribus (*Information theory as the basis for thermostatics and thcrmodinamics,* „Journal of Applied Mechanics. Transactions of ASME", Section E, 83, 1961, p. 1—8) la ideea de a exprima entropia fizică a unui sistem ca măsură a incertitudinii observatorului în ceea ce priveşte starea micro-fizică a' sistemului.

Proops, pe care-l urmăm şi în această etapă, distinge trei tipuri de folosire a entropiei informaţionale. Mai întîi, entropia este o măsură a diversităţii, inegalităţii sau concentrării şi intervine în probleme de clasificare. în al doilea rînd, maximizarea entropiei supusă unor constrîngeri permite soluţionarea unor probleme de specificare sistemică, în care cunoaşterea stării sistemului este incompletă sau incoerentă. în al treilea rînd, frecventa identificare a entropiei informaţionale cu entropia termodinamică a încurajat formularea unor aspecte ale teoriei producţiei. Primele două tipuri de utilizare a entropiei au în vedere măsura informaţiei. în acest sens, o discuţie detaliată a aplicaţiilor în ştiinţele sociale poate fi găsită la I. Â. Walsh şi M. J. Webber *(Information theory: some concepts and measures,* „Environment and Planning", A 9, 1977, p. 395—417) şi la John L. R. Proops *(Energy, Entropy and Economic Structure,* Ph. D. Thesis, J. Keele, UK 1980). Cea de a treia utilizare

are în vedere natura fizică a sistemelor prin evaluarea entropiei fizice a acestor sisteme, într-o abordare teoretic-informaţională. L. Brillouin *(Science and Information Theory,* Academic Press, London, 1956) discută, în această ordine de idei, conversia entropiei informaţionale în entropie termodinamică prin utilizarea constantei lui Boltzmann.

Entropia termodinamică a structurilor orga- nizaţionale a fost examinată sub aspect economic. R. S. Berry *(Recycling, thermodynamics and environmental thrift,* „Bulletin of Atomic Scientists", 73, 1972, p. 8—15), J. C. Allred *(Application of entropy concepts to naţional energy problems,* lucrare nepublicată, 1977) şi J. Thoma (*Energy, entropy and information,* Research Memorandum RM-77-32, IIASA, Luxemburg, 1977) consideră că fasonarea diferitelor materiale prezintă un aspect entropie, efect pe care ei îl calculează prin evaluarea numărului de căi pe care se poate construi o maşină, rămînînd în limitele de toleranţă admise pentru propria sa funcţionare. Se constată că entropia termodinamică asociată cu această fasonare este neglijabilă în raport cu contribuţia entropică a altor procese de fa-bricare. Acest rezultat negativ ar putea sugera că entropia aţribuibilă formei funcţionale a echipamentului economic capital este atît de mica încît s-ar putea să nu existe nici o relaţie între organizarea economică funcţională şi energia cheltuită. Trebuie să fim prudenţi în a identifica organizarea cu entropia redusă. Cît de utilă se poate dovedi termodinamica sistemelor izolate în înţelegerea evoluţiei şi funcţionării economiilor ? Iată o problemă care rămîne deschisă.

Există o tentaţie puternică, de natură intuitivă, de a identifica activitatea economică şi productivă cu degradarea entropiei şi de a vedea în organizarea

economică o formă de reducere a entropiei. Proops consideră o atare viziune deficitară din următoarele motive. Mai întîi, echilibrul termodinamic este asociat cu entropia maximă numai în cazul sistemelor izolate. Dacă un sistem este închis (adică admite cu exteriorul numai schimburi de energie, nu şi de materie), atunci echilibrul este atins de îndată ce energia liberă este minimizată. în al doilea rînd, ipoteza după care al doilea principiu al termodinamicii ar fi un factor de constringere asupra activităţii economice s-ar putea dovedi şi inutilă şi neadevărată. De exemplu, K. R. Popper *(Time's arrow and entropy,* „Nature", 207, 1965, p. 233—234) a arătat că, în aparentă opoziţie cu ideea populară a unui univers aflat într-o continuă creştere a entropiei, printr-o „moarte termică", universul pare să fie din ce în ce mai bine structurat. în al treilea rînd, după cum a arătat N. Georgescu-Roegen (*Energy analysis and economic valuation,* „Southern Economic Journal", 45, 1979, p. 1023—1058), sistemele economice schimbă cu exteriorul nu numai energie ci şi materie, deci sînt sisteme deschise. Un sistem izolat are o singură sursă de generare a entropiei : procesele interne ireversibile care apar pe măsură ce sistemul se apropie de starea sa de echilibru. Un sistem deschis, însă, are atît o sursă internă $dS_($ de creştere a entropiei, cit şi una externă dS_e, asociată cu masa şi energia comunicate către sau/şi dinspre mediul înconjurător. Creşterea totală dS a entropiei în intervalul de timp dT este dată de suma dSj+dS,. Dacă $dS_($ este neîndoielnic pozitivă, dS, este pozitivă sau negativă, după cum sistemul importă entropie de la mediu sau o transferă pe aceasta mediului. Apare astfel posibilitatea unui sistem deschis pentru care dS< nu poate întrece pe $-dS_e$, deci dS nu poate fi pozitivă. Rezultă că într-un sistem deschis

pot să apară nivele descrescînde de entropie sau nivele aflate sub cele corespunzătoare sistemelor izolate. Nu cumva la sisteme de acest fel s-a gîndit E. Schrodinger *(What is lije ?,* Cambridge Univ. Press, London, 1944 ; versiune românească în colecţia „Idei contemporane", Editura Politică) cînd a afirmat că organismele consumă „negentropie" din,mediul înconjurător? Proops preconizează un cadru conceptual comun pentru înţelegerea dezvoltării structurilor în sisteme anorganice, animate sau economice. Rămîne însă problema mecanismului acestei dezvoltări. Termodinamica nu respinge formarea unor sisteme deschise cu entropie redusă, dar nu este clar dacă ea prevede o atare formare.

Autoorganizarea şi sistemele departe de echilibru

Pe măsură ce un sistem se structurează, el se depărtează de starea de echilibru, crede Proops. Acest fapt face necesar studiul comportamentului sistemelor care nu se află în starea de echilibru. într-o formă crudă, o idee în acest sens se află încă la Maxwell (1871) iar într-o formă mai elaborată o găsim la I. Prigogine (*Etudes thermodynamiques des processus irreversibles,* Desoer, Liege, 1974). Prigogine a considerat un sistem deschis într-o stare continuă de neechilibru *(non-equilibrium steady state),* adică uji sistem pentnl care componenta internă dS_s a creşterii entropiei este egală şi de semn opus faţă de componenta externă dS,, a acestei creşteri, deci creşterea totală dS este nulă. Prigogine a arătat că în aceste împrejurări, dacă sistemul se apropie de starea de echilibru, atunci producerea de entropie pe unitate de timp, dS< , va

tinde către valoarea minimă compatibilă cu condiţiile la limită la care se află supus sistemul. Lui Prigogine îi datorăm teorema de producere a entropiei minime, teoremă după care starea care prezintă cea mai mică producere de entropie este stabilă. Din teorema lui Prigogine aflăm că, în timp ce sistemele izolate au stări de echilibru caracterizate prin entropie maximă, iar sistemele închise sînt caracterizate prin energie liberă minimă, sistemele deschise apropiate de echilibru ating stări staţionare de neechilibru, caracterizate prinfrr-o rată minimă de producere de entropie. Aceste din urmă sisteme tind spre stări de lucru mecanic minime. Proops crede că acest fapt este relevant în ceea ce priveşte specificarea termodinamică a proceselor de maturaţie în organisme şi în ecosisteme. P. J. Stoward *(Thermodynamics of biological growth,* „Na- ture", 194, 1962, p. 977—978) şi A. I. Ziotin şi R. S. Zotina (*Thermodynamic aspects of developmental biology,* „Journal of Theoretical Biology", 17, 1967, p. 57—75) au arătat că în dezvoltarea organismelor de la etapa de zigot la cea adultă rata consumului de căldură (pe unitatea de masă) descreşte către un minim. Consumul de căldură se conturează astfel drept constituentul major al procesului de generare a entropiei interne. Se ştie acum că orice prejudiciu adus unui organism face ca rata de producere de entropie (de către organism) să crească mai întîi, pentru ca, apoi, să scadă pe măsură ce organismul recuperează.

Faţă de o interpretare a rezultatelor de mai sus în sensul unor stări staţionare aproape de echilibru, tinzind către starea lor de producere minimă de entropie (I. Prigogine — J. M. Wiame, *Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversibles,* „Experientia", 2, 1946, p.

451—453), Proops ne previne să fim prudenţi, referindu-se la observaţia lui K. S. Trincher (*Biology and Information,* Consultants Bureau, New York, 1965), după care nu este deloc clar că organismele vii sînt sisteme aproape de echilibru, aşa cum se cere pentru aplicarea teoremei lui Prigogine. G. Nicolis şi I. Prigogine (*Self-organisation in non-equilibrium systems,* Wiley, New York, 1977) au propus, pentru sisteme aflate departe de echilibru, un „criteriu de evoluţie" asociat cu criteriul de minim al producerii de entropie. Dar pentru sistemele foarte complicate, inclu- zînd organisme dintre cele mai simple, interpretarea acestui criteriu este destul de ambiguă iar starea către care tinde un sistem, pe baza aceluiaşi criteriu, nu este în general una de stabilitate.

Permiţînd o înţelegere mai profundă a anumitor sisteme, teoria stărilor staţionare apropiate de echilibru nu pare a fi totuşi capabilă să explice originea structurii acestor sisteme. Stabilitatea stărilor ne asigură că ele nu pot evolua spre o structurare suplimentară. Cum atunci putem explica şi înţelege evoluţia continuă a structurilor, pe care o observăm mereu ? Un cadru conceptual al unei explicaţii necesare a acestei situaţii a apărut prin cercetările lui I. Prigogine şi şcoala sa de la Bruxelles, în legătură cu comportamentul sistemelor deschise care se află departe de echilibrul termodinamic (I. Prigogine, G. Nicolis, *Biological order, structure and insta- bilities,* „Quarterly Review of Biophysics", 4, 1971, p. 107—147; I. Prigogine, G. Nicolis, A. Babloyantz, *Thermodynamics of evolution,* „Physics Today", 25, 1972, p. 23—28). S-a arătat astfel că sistemele aflate departe de echilibru pot manifesta comportamente foarte diferite, într-o anumită măsură în funcţie de condiţiile la limită impuse

sistemului. Cu fiecare stare se asociază o entropie caracteristică şi o rată caracteristică de producere a entropiei. în funcţie de natura sistemului, modificarea condiţiilor la limită poate determina treceri continue sau abrupte de la o stare la alta. Un exemplu clasic în această privinţă îl constituie formarea celulelor de convecţie ale lui Benard în lichide supuse unui gradient de temperatură. Dacă iniţial gradientul este mic, lichidul va transporta energia numai prin conducţie. Dacă însă gradientul de temperatură depăşeşte un anumit nivel critic, dependent de dimensiunile containerelor şi de proprietăţile lichidului folosit, atunci formarea spontană a celulelor de convecţie conduce la o considerabilă creş-tere a ratei transportului de căldură prin sistem. Celulele formate sînt invariabil de formă hexagonală şi dispuse cu o anumită regularitate. Coordonarea lor moleculară manifestă o lungă rază de acţiune, fenomenul situîndu-se dincolo de limitele de probabilitate pentru un sistem izolat. Alte exemple de autostructurare a unor sisteme departe de echilibru pot fi găsite la reacţiile autocatalitice. în toate aceste cazuri, structura generată este asociată cu consum de energie ; de aceea, structurile de acest fel au fost numite *structuri disipative.* în opoziţie cu ele se află *structurile de echilibru,* de tipul cristalelor.

Teoria structurilor disipative poate fi adoptată ca un cadru conceptual în descrierea fizică, termodinamică a funcţionării economiilor. Economiile se dovedesc a fi disipative şi funcţionează pe bază de autoorganizare, dar în timp ce aspectul disipativ a fost analizat în detaliu, autoorganizarea a fost mai puţin studiată iar relaţia ei cu disiparea aşteaptă încă să fie clarificată (J. L. R. Proops, *Energy,*

entropy and economic structure, Ph. D. Thesis, Keele, U.K., 1980). Nu dispunem încă de o definiţie satisfăcătoare a *organizării economice.* în această privinţă, J. L. R. Proops *(Organisa- tion and dissipation in economic systems,* „Journal of Social and Biological Structures", 6, 1983, p. 353—366) se prevalează de noţiunea de „integralitate" (K. G. Denbigh, *A non- conserved junction for organised systems,* în L. Kubat-J. Zeman, eds. *Entropy and injor- mation,* Elsevier, Oxford, 1975, p. 83—92 ; *An inventive universe,* Hutchinson, London, 1975), ca măsură a organizării pentru structuri cu automenţinere, în contrast cu entropia, pe care Denbigh o consideră o măsură a „ordinii" pentru structuri în echilibru. Proops a încercat să cuantifice integralitatea pentru diferite economii, folosind tabele de intrări şi ieşiri. S-a putut găsi astfel o relaţie pozitivă între măsura integralităţii şi consumul de energie al unei economii.

La capătul acestui itinerar în care l-am avut ca ghid pe J. L. R. Proops, ne exprimăm regretul că, exceptînd cercetările lui N. Geor- gescu-Roegen, autorul nu a cunoscut şi nu a luat în considerare numeroasele cercetări româneşti privind relaţia dintre fizică şi economie, dintre energie şi entropie, dintre energie, biologie şi umanitate. De la personalismul energetic al lui C. Rădulescu Motru la importantele cercetări ale lui Octav Onicescu în ceea ce priveşte entropia şi energia informaţională, o bogăţie de idei se articulează esenţial cu problematica discutată mai sus. Cerce- tările lui Gh. Zapan privind entropia în psihologie sînt de asemenea importante. Un rol deosebit în ceea ce priveşte

colaborarea dintre matematică, ştiinţele naturii şi ştiinţele economice l-a avut, în ţara noastră, Şcoala Superioară de Statistică înfiinţată de O.Onicescu în 1931 şi transformată ulterior în Institutul de Statistică, Actuariat şi Calcul al Universităţii din Bucureşti (unde printre profesori s-a numărat şi Georgescu-Roegen).

Este deci legitim un popas la reflecţia românească în domeniul energiei.

Din gîndirea energetic-entropică românească

Urmărind itinerarele gîndirii ştiinţifice şi filosofice româneşti, observăm predilecţia pentru anumite teme şi motive, luminate mereu din noi şi noi unghiuri şi mereu cu alte perspective. O asemenea frumoasă obsesie o constituie conceptele de energie şi entropie. Tentaţia de a extinde la întregul cîmp al experienţei omeneşti legea conservării şi transformării energiei şi de a privi din acest punct de vedere întreaga problematică a personalităţii umane apare încă din primul deceniu al secolului nostru la un filosof de talia lui Constantin Rădulescu-iVIotru, în cadrul unei adevărate doctrine filosofice, cunoscută sub numele de *personalism energetic.* Desigur, modul în care acest autor extrapolează în domeniul uman relaţii şi restricţii ale universului fizic nu este lipsit de simplificări care astăzi ne par naive, dar nu e mai puţin adevărat faptul că ideile sale pot fi reconsiderate astăzi ca transferuri inerente procesului de modelare a psihicului uman. Din acest punct de vedere, cercetările lui Rădulescu-Motru merită o reconsiderare de tipul aceleia pe care Mircea Maliţa a consacrat-o mecanicii sociale a lui Spiru Haret.

Conceptul de energie îl evocă însă pe cel de entropie, aşa cum ne învaţă principiul al doilea al termodinamicii. Din modul în care conceptul de entropie a călătorit din termodinamică în teoria informaţiei era firesc să se desprindă întrebarea privind un transfer analog al conceptului de energie (cinetică). Totuşi, posibilitatea unei energii informaţionale şi a unui analog informaţional al principiului al doilea al termodinamicii a fost pusă în evidenţă abia în 1966, de către creatorul şcolii româneşti de teoria probabilităţilor, matematicianul Octav Onicescu. Energia informaţională a unui sistem cu mai multe stări este o caracteristică globală a sistemului, definită prin suma pătratelor probabilităţilor de apariţie ale stărilor sistemului. Analogia cu expresia energiei cinetice, care cuprinde pătratele unor viteze, este evidentă. Expresia ca atare a energiei informaţionale mai fusese utilizată, cu treizeci de ani înainte de apariţia teoriei informaţiei, de către italianul Corrado Gini, fără însă a-i sesiza profundele sale semnificaţii. în cei 20 de ani de la apariţie, conceptul de energie informaţională a fost utilizat în nenumărate domenii, ca economia, lingvistica, psihologia, pedagogia, demografia şi poetica. Cum se explică acest succes ? Energia informaţională are o semnificaţie intuitivă conformă cu denumirea ei şi, în acelaşi timp, se calculează uşor şi este legată printr-o relaţie simplă cu entropia : cînd una dintre ele creşte, cealaltă descreşte. Este deci suficient să stabilim sensul de variaţie al energiei pentru a deduce pe cel al entropiei. Avantajul este evident, deoarece este mult mai uşor să se evalueze energia decît entropia (aceasta din urmă comportînd calcule cu logaritmi).

însă energia informaţională nu este decît un caz particular al unui parametru mai complex, corelaţia informaţională, al cărei autor este tot Octav Onicescu. Corelaţia informaţională a două populaţii exprimă gradul în care ele au proprietăţi comune, iar corelaţia unei populaţii cu ea însăşi este tocmai energia ei informaţională. în colaborare cu Vasile Ştefănescu, Octav Onicescu a publicat o monografie de sinteză privind diverşi parametri informaţionali (*Elemente de statistică informaţională cu aplicaţii,* Editura Tehnică, Bucureşti, 1979).

Cel puţin trei nume româneşti mai trebuie discutate în legătură cu gîndirea energetic- entropică : N. Georgescu-Roegen, St. Lupasco şi Gh. Zapan. Primii doi au beneficiat de cîte o aipariţie în colecţia „Idei contemporane" ; nu vom mai insista aici asupra lor. Gh. Zapan a fost reconsiderat destul de tîrziu, prin ediţia selectivă a operei sale, ediţie îngrijită de Pavel Mureşan (*Cunoaşterea şi aprecierea obiectivă a personalităţii,* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1984). Gh. Zapan a elaborat un procedeu matematic de definire şi evaluare a gradului de organizare a unor sisteme evolutive calitative. Pavel Mureşan consideră că formula stabilită de Zapan în acest scop este superioară formulei entropiei lui Shannon, aceasta din urmă fiind aplicabilă numai sistemelor fizice cu structură primară, sumativă şi măsurînd numai gradul de nedeterminare, nu şi cantitatea reală de informaţie conţinută în sistem.Un text de limbă este şi el un sistem informaţional, ale cărui stări sînt foneme sau litere. Putem deci măsura gradul de imprevizibilitate al unui text prin valoarea entropiei informaţionale. Era natural ca această idee să fie aplicată în primul rînd textelor poetice, deoarece acestea atrag cu

precădere atenţia prin alăturările surprinzătoare de cuvinte. Pentru limba română, primele evaluări ale entropiei au fost efectuate de Edmond Nicolau, care a arătat că entropia poeziilor lui Arghezi este sensibil egală cu aceea a poeziilor lui Eminescu. Poezia populară are de obicei o entropie mai mică decît aceea a poeziei culte ; însă şi o poezie cultă, scrisă în stil popular, ca „La mijloc de codru" de Mihai Eminescu, are şi ea o entropie relativ mică. Valoarea entropiei nu depinde numai de alăturările mai mult sau mai puţin previzibile de cuvinte, ci şi de alţi factori, care pot acţiona în sens invers. Astfel, în poezia menţionată, rimele şi repetiţiile sînt de natură să mărească previzibilitatea textului, deci să-i micşoreze entropia. Versurile fiind scurte, rimele sînt dese.

însă, în măsura în care vrem să dăm observaţiilor de mai sus o valabilitate riguroasă şi generală, este necesar să se treacă la considerarea unor eşantioane din ce în ce mai mari ; altfel, rămînem în domeniul ipotezelor

.PROVOCAREA ŞTIINŢELOR SOCIALE

Unde începe ştiinţa ?

In orice discuţie despre ştiinţă, distincţia dintre ştiinţele naturii şi ştiinţele sociale a devenit curentă. Din bogata literatură dedicată acestei probleme, vom lua ca

punct de plecare un articol al profesorului de ştiinţe politice de la Universitata din Michigan, J. David Singer (*Social Science and Social Problems,* „Society", voi. 16, 1979, no. 5, p. 49—56). în polemica sa, Singer are în vedere pe acei autori care consideră că disciplinele sociale nu pot dobindi statut de ştiinţă din două motive, unul referindu-se la complexitatea prea mare a fenomenelor sociale, iar celălalt constînd în faptul că aceste fenomene nu pot fi aduse în laborator şi supuse unor experimente controlate

.O contestaţie atît de radicală obligă, fireşte, la o discuţie a termenilor de bază. Singer consideră că pentru înţelegerea naturii cercetării întreprinse de disciplinele sociale un rol fundamental îl au conceptele de ştiinţă, cunoaştere, teorie şi raţionalitate. Pentru Singer, o cercetare este ştiinţifică dacă foloseşte ipoteze explicite, procedee repetabile, tehnici precise de observare şi măsurare şi metode matematice de prelucrare şi interpretare a rezultatelor obţinute prin observare şi măsurare. Pentru a fi mai exacţi, trebuie să spunem că Singer se referă la „raţionamente matematice sau statistice", ca şi cum raţionamentul statistic n-ar fi o specie a raţionamentului matematic. Singer recunoaşte că invocînd procedee repetabile — observarea, măsurarea şi raţionamentul statistic — devine aproape inevitabilă referirea la experiment. Punctul său de controversă are în vedere pretenţia că numai în laborator sînt posibile experimente. Imensa cantitate de cunoaştere acumulată şi codificată de arheologi, astronomi, etologi, geologi şi zoologi, de exemplu, este în mare măsură de natură experimentală, dar numai o parte relativ

mică a ei a rezultat dintr-o cercetare de laborator. O situaţie similară o prezintă cercetarea efectuată de psihologi, sociologi, economişti şi politologi. Concluzia lui Singer este: caracterul ştiinţific al unei cercetări nu e determinat de *locul* în care ea se desfăşoară (într-un laborator sau aiurea), ci de *natura* ei.

Desigur, laboratorul nu poate fi o condiţie obligatorie pentru orice cercetare ştiinţifică. S-ar putea ca autorii (din păcate, nenumiţi) cu care polemizează Singer să aibă în vedere o idee de laborator mai largă decît aceea considerată în ştiinţele naturii, dar chiar şi în acest caz este vorba, fără îndoială, de o cercetare experimentală, deci de o cercetare în care experienţele sînt provocate, observate şi controlate de către cercetător. Conştient de faptul că în domeniul social este mai dificilă provocarea unor experienţe (de aceea se şi foloseşte calificativul *experienţial* pentru a distinge natura multor experienţe sociale de aceea *experimentală* a multor experienţe din ştiinţele naturii), Singer defineşte caracterul ştiinţific al unei cercetări prin condiţii care nu mai cer prezenţa obligatorie a unor experimente. în schimb, pune alte condiţii restrictive, de natură metodologică, în special folosirea instrumentului matematic pentru prelucrarea şi interpretarea rezultatelor. în afară de aceste condiţii formulate explicit, mai intervin în formularea lui Singer şi alte restricţii, de natură mai mult sau mai puţin implicită. Este vorba de o supunere totală la obiect, în încercarea de a-l descoperi cît mai bine. Obiectul preexistă celui care-l cercetează. Totul începe cu observarea atentă a obiectului şi cu efectuarea unor măsurători privind datele observate. Urmează un proces de inducţie şi de generalizare, de interpretare a rezultatelor. Nu se poate nega că aceasta este

structura multor activităţi de cercetare ştiinţifică, în botanică sau în zoologie de exemplu. Naturalistul suedez din secolul al XVIII-lea Cari von Linne este, prin cercetările sale taxinomice privind plantele şi animalele, un exemplu tipic în această privinţă.

Intre model şi teorie

Dacă autorii cu care Singer polemizează se reclamă evident (nu ştiu dacă şi explicit) de la viziunea empiristă a lui Francis Bacon, care preconiza o cercetare ştiinţifică bazată pe observaţie şi experiment, nici Singer nu se depărtează prea mult de această concepţie ; reţine observaţia, dar abandonează obligativitatea experimentului. Prin aceasta, Singer nu face decît să-l adapteze pe Bacon la specificul fenomenelor sociale. în plus, îl şi modernizează, impunînd exigenţe de precizie a mijloacelor de observare şi măsurare (ceea ce presupune a fi la pas cu tehnica modernă), de prelucrare şi interpretare matematică a rezultatelor (ceea ce presupune luarea în considerare a nivelului atins de matematică). Să observăm că această ultimă condiţie îl îndepărtează numai parţial pe Singer de Bacon, deoarece metoda deductivă, respinsă de Bacon, nu apare la Singer în partea fundamentală, de concepţie, ci în faza finală, de interpretare.

Pare stranie, în această ordine de idei, condiţia iniţială din formularea lui Singer, stipu- lînd folosirea unor ipoteze explicite. Această condiţie apare ca un corp străin în contextul celorlalte condiţii. Explicitarea ipotezelor ţine de o altă mentalitate, care se asociază cu metoda modelării şi în care cercetarea ştiinţifică include şi acte de invenţie, nu numai de descoperire. Avem

în vedere folosirea modelelor ipotetic-deductive, modele care trebuie să treacă examenul unei anumite capacităţi explicative a fenomenelor studiate. Dacă trebuie să căutăm printre clasici un reprezentant al acestei atitudini, l-am alege pe Johannes Kepler, oare a elaborat modelul orbitelor eliptice ale planetelor. Aproximarea fenomenelor prin modele explicative de natură ipotetic- deductivă este una dintre cele mai puternice metode folosite azi în ştiinţele sociale şi este curios că Singer nu se referă la ea, cu atît mai mult cu cît el subliniază faptul că scopul principal al cercetării ştiinţifice nu este de a prevedea, ci de a explica.

Dar nu cumva metoda modelării ar putea fi considerată un caz particular al celei preconizate de Singer ? Răspunsul este categoric negativ. într-un model matematic, componenta formală intervine în partea iniţială, de concepţie, în timp ce rezultatele observaţiei servesc fie pentru motivarea modelului, fie pentru testarea capacităţii sale explicative. La Singer, dimpotrivă, partea matematică intervine a posteriori, nu în elaborarea rezultatelor, ci numai în interpretarea lor.

O condiţie pentru ca informaţia să devină cunoaştere ştiinţifică este pentru Singer proprietatea ei de a putea fi comunicată, deci reprezentată cu ajutorul unor simboluri verbale, numerice, grafice sau electronice. Comunicabilitatea unei informaţii asigură posibilitatea testării ei de către diverşi specialişti şi eventuala ei acceptare în corpul cunoaşterii ştiinţifice ; acest corp al cunoaşterii validate constituie pentru Singer o teorie, într-o altă formulare, teoria este pentru el un corp de propoziţii care oferă o explicaţie credibilă a unor fenomene observabile, sînt logic compatibile, ansamblul lor fiind consistent cu orice altă cunoaştere relevantă ; în plus, sînt formulate într-un

limbaj controlabil şi, în cea mai mare parte, deja testat cu succes. Faţă de o atare înţelegere a teoriei, Singer consideră că ştiinţele sociale au la activul lor doar un număr redus de performanţe teoretice. Dar, adăugăm noi, modul său de a concepe teoria nu este lipsit de unele echivocuri şi obscurităţi. Teoria sa are ceva dintr-un model şi ceva dintr-o teorie, lipsindu-i cîte ceva din fiecare dintre ele.

Bunge şi Singer despre teorie

Am văzut că J. David Singer condiţionează statutul de teorie de faptul de a produce o explicaţie *credibilă* (sublinierea noastră) a fenomenelor. Dar credibilitatea este în mare măsură determinată de presupoziţiile care se află la baza mentalităţii ştiinţifice a unei epoci, de orizontul ei de aşteptare, de toate acele idei implicite, neconştientizate sau semiconşti- entizate care influenţează puternic gradul de plauzibilitate atribuit unei aserţiuni. în particular, faimosul paradox al inducţiei pus în evidenţă de Cari Hernpel şi Nelson Goodman este şi el o consecinţă a acţiunii acestor presupoziţii, datorită cărora inducţia nu este o trecere liniară de la particular la general, ci un proces circular în care momentul empiric şi cel teoretic se află într-o interacţiune simetrică. O circularitate similară guvernează relaţia dintre subiect şi obiect, dintre observator şi observat. Dacă în ştiinţele naturii această circularitate s-a lăsat greu şi tîrziu detectată, acţiunea ei în ştiinţele social-uma- niste este vizibilă cu ochiul liber, deoarece cercetătorul aparţine domeniului social investigat. Fenomenul este atît de important, încît unii cercetători îl aşază în punctul de plecare al investigaţiei. O prestigioasă monografie publicată de Hugo

Zemelman (*Uso critico de la teoria,* United Nations University, Tokyo, 1987) şi dedicată aspectelor epistemologice şi metodologice ale ştiinţelor sociale începe cu următoarea afirmaţie : „Punctul de plecare îl constituie problema modului de organizare a relaţiei cu o realitate care se constituie într-un obiect de studiu pe care-l putem influenţa şi asupra căruia putem acţiona". Acest aspect pare să-i fi scăpat lui Singer, în orice caz nu-i acordă atenţia cuvenită. Hugo Zemelman aduce în discuţie punote de vedere interesante, aparţinînd lui Louis Althusser, Gaston Bache- lard, Raymond Boudon, Mărio Bunge, Witold Kula, Robert K. Merton, Adam Schaff, Jindrich Zeleny (acesta din urmă, autor al unei investigaţii de amploare privind structura logică a *Capitalului* lui Karl Marx).

în ceea ce priveşte condiţia de compatibilitate logică internă a ansamblului de propoziţii care alcătuiesc o teorie, exigenţa lui Singer poate să pară normală, dar posibilitatea de a testa o atare condiţie este foarte problematică, în orice caz, aici intervine o dilemă de tip Godel, cu atît mai mult cu cît matematizarea impusă de Singer apropie teoriile din ştiinţele sociale de dificultăţile generale ale proceselor de formalizare, în cadrul cărora consistenţa şi completitudinea nu pot fi satisfăcute simultan, în această ordine de idei, condiţia introdusă de Singer relativ la consistenţa dintre o teorie şi orice altă cunoaştere relevantă pare inoperantă, pur virtuală. în sfîrşit, condiţia de testa- bilitate a teoriilor ştiinţifice este strîns legată de proprietatea cunoaşterii ştiinţifice de a fi comunicabilă. însă şi aici apar dificultăţi. Astfel, cunoaşterea reprezentabilă sub formă algoritmică nu poate fi totdeauna testată pe cale algoritmică. Rezultă necesitatea de a testa

unele teorii constructive prin procedee mai puţin constructive, care, chiar prin aceasta, nu oferă suficientă satisfacţie.

Protoştiinţă, ştiinţă, observaţie şi experiment

Alţi autori propun un statut diferit al cunoaşterii ştiinţifice. Să observăm că şi lingvistic se delimitează sensuri mai largi, ca germanul *Wissenschaft* de sensuri mai restrictive, ca englezescul *Science.* O confruntare a diferitelor puncte de vedere propuse în această privinţă ar fi foarte bine venită, dar nu o putem face aici. Pentru ilustrare, vom aduce în discuţie punctul de vedere al lui Mărio Bunge In investigaţii de amploare *(Scientific Research, 2* volume, Springer, New York, 1967 ; *Understanding the World,* Reidel, Dordrecht, 1983 ; a se vedea şi selecţia, în versiunea românească, din opera lui Bunge, publicată în colecţia „Idei contemporane"), Bunge introduce şi studiază concepte ca cele de *ştiinţă,* de *protoştiinţă* şi de *pseudoştiinţă.*

Protoştiinţă este o ştiinţă incipientă. Printre simptomele ştiinţei se află existenţa legilor, capacitatea explicativă şi aptitudinea de a elabora teorii. într-o lucrare mai recentă (*Philo- sophical Problems in Linguistics,* Erkenntnis, voi. 21, 1984, p. 107—173), Bunge constată că lingvistica este deocamdată numai o protoştiinţă, deoarece este săracă în legi, cu o redusă capacitate explicativă şi o redusă putere de teoretizare. Punctul său de vedere contrastează cu cel al lui Noam Chomsky, care consideră că modelele generativ-transformaţionale au o mare capacitate explicativă în raport cu limbile naturale, că în special studiul sintaxei a căpătat statut de teorie şi că legităţile lingvistice sînt puse în evidenţă cu ajutorul

unor distincţii de tipul competenţă-performan- ţă, structură de adîncime-structură de suprafaţă şi al gramaticilor universale. O relaţie interesantă se cristalizează între ideile lui Bunge şi cele ale lui Xenopol, la acesta din urmă legitatea disociindu-se de cauzalitate, pe care o conţine ca un caz particular. Pe de altă parte, Bunge se află în concordanţă parţială cu Singer (prin cerinţa capacităţii explicative şi a celei teoretice, de exemplu), dar şi într-o anumită neconcordanţă (Singer nu se referă la obligativitatea legilor în orice cunoaştere ştiinţifică). Amîndoi formulează cu acuitate problema unei crize în ştiinţele sociale, amîndoi subliniază natura puternic interdisciplinară a acestor ştiinţe. Dar legătura dintre Singer şi Bunge prezintă şi un alt aspect, care ni se pare cel mai interesant. Am văzut că Singer plasează observaţia printre actele care nu pot lipsi din nici o cunoaştere ştiinţifică, subliniind în acelaşi timp că experimentul este de altă natură în ştiinţele sociale decît în cele naturale.

însă Singer nu pune punctul pe i, pentru a sublinia că experimentul este practicat pe scară mai redusă în ştiinţele umane şi sociale decît în cele naturale, datorită faptului că (atîta vreme cît se respectă anumite imperative morale) fiinţa umană şi colectivităţile umane nu pot fi manipulate experimental aşa cum manipulăm unele obiecte neînsufleţite. Subliniind rolul crescînd al experimentului în lingvistică (de exemplu în fonologie şi în psiholingvistică), Bunge atrage totodată atenţia că *anumitor observaţii li se atribuie greşit statutul de experiment.* Multe din pretinsele experimente lingvistice se reduc la interogarea unor informanţi, fiind deci pure observaţii. Un experiment implică prezenţa unor variabile, de exemplu

examinarea modului în care înţelegerea vorbirii depinde de înălţimea şi durata sunetelor. Deci şi un act de observare constînd în interogarea unor informanţi poate deveni un experiment dacă, de exemplu, se studiază în ce fel variază răspunsurile în funcţie de alegerea eşantionului de informanţi.

în orice caz, problema relaţiei dintre observaţie şi experiment merită o aprofundare ulterioară, în special în legătură cu distincţia dintre ştiinţele sociale şi cele ale naturii.

De ce matematică în ştiinţele sociale ?

Li s-a reproşat abordărilor matematice în ştiinţele sociale faptul că eludează specificul acestor ştiinţe, aducîndu-le la acelaşi numitor cu ştiinţele naturii. Reproşul este într-o anumită măsură justificat, dar matematica reuşeşte să transforme această aparentă slăbiciune într-un avantaj. Ştiinţa este, în mare măsură, reducerea unui mare număr de variante la un număr relativ mic de invariante. Descoperirea unor structuri comune unor discipline diferite constituie un spor de cunoaştere pentru fiecare dintre aceste discipline, cu condiţia ca structurile respective să nu fie banale.

I s-a mai reproşat abordării matematice a socialului faptul că se prevalează, de cele mai multe ori, de o matematică născută şi formată în relaţie cu ştiinţele naturii. Şi acest reproş este întemeiat, fiind de altfel înrudit cu cel precedent. Dar numeroase exemple arată că metode şi concepte născute în legătură cu o anumită problemă se pot dovedi ulterior cel puţin la fel de relevante în alte probleme, foarte diferite de cea dintîi. Funcţiile trigonometrice s-au născut în legătură cu studiul triunghiului,

dar s-au dovedit ulterior foarte importante în cercetarea fenomenelor periodice (a se vedea teoria seriilor trigonometrice). Teoria catastrofelor s-a născut ca urmare a unor sugestii venind din biologie şi lingvistică, dar ulterior s-a dovedit la fel de relevantă în numeroase alte domenii, ca economia şi sociologia. Teoria jocurilor a apărut în legătură cu probleme de strategie socială, dar s-a dovedit ulterior la fel de relevantă în biologie, de exemplu. Noţiunea de graf s-a născut în studiul unei probleme de chimie, dar relevanţa teoriei grafurilor este astăzi universală. Ordinea în care un concept, o metodă, un rezultat îşi manifestă relevanţa în diferite domenii nu este esenţială, fiind în bună măsură efectul întîmplării.

Dar neputinţa matematicii de a sesiza specificul ştiinţelor sociale este reflexul unei situaţii mai generale, simptomatică pentru schimbarea de orientare care s-a produs în ultimele decenii, în întreaga metodologie a ştiinţelor. Este vorba de proliferarea metodei modelării. De veche tradiţie în ştiinţele naturii, această metodă s-a generalizat abia de curînd în ştiinţele sociale, fapt care i-a surprins pe mulţi cercetători. Să amintim că metoda modelării constă în studiul unui obiect *A* cu ajutorul unei metode incompatibile cu natura lui *A* sau cu gradul de complexitate a lui *A.* In acest scop se recurge la un alt obiect *B,* considerat model al lui *A,* astfel încît metoda preconizată este compatibilă cu natura lui *B* sau cu gradul său de complexitate. între *A* şi *B* există o anumită analogie care conferă lui *B* un anumit grad de *adecvare* faţă de *A,* dar în acelaşi timp o anumită diferenţă, care face posibilă existenţa unei metode aplicabile lui *B,* dar inaplicabile lui *A.*

Un fenomen social *A* nu are, de obicei, structura formală necesară pentru a i se

putea aplica o metodă matematică sau, dacă o are, gradul de complexitate a lui *A* se constituie într-o piedică insurmontabilă. Se recurge atunci la o construcţie matematică *B,* model al lui *A.* Dar aceeaşi construcţie *B* se dovedeşte a fi un model al unor fenomene altele decît *A.* Exemple tipice în acest sens sînt modelele bazate pe teoria grafurilor, pe teoria informaţiei, sau pe teoria jocurilor. Este clar deci că, dat fiind că acelaşi obiect *B* poate fi model al mai multor fenomene, fie ele Ay A2 ,..., A„, metoda modelării nu poate înregistra specificul fenomenului modelat. Această situaţie constituie în acelaşi timp slăbiciunea şi forţa modelului. Slăbiciune, datorită decalajului dintre model şi obiect; forţă, datorită posibilităţii care se oferă de a se studia obiectul cu o metodă incompatibilă cu natura sa şi de a se descoperi baza sa comună cu alte fenomene. Dar de ce trebuie să studiem un fenomen cu metode incompatibile cu natura sa ? Deoarece celelalte metode se dovedesc uneori insuficiente în încercarea de a explica fenomenul respectiv, de a-i înţelege modul său de funcţionare. Observaţia empirică în medicină trebuie astfel suplimentată cu metoda experimentală aplicată unor cobai (deci o modelare !), aceeaşi observaţie empirică trebuind să fie suplimentată, în ştiinţele economice, cu metodele cercetării operaţionale (deci din nou o modelare !).

Matematica şi modelarea socialului

Dar metoda modelării presupune nu doar propunerea unui analog *B* al lui *A* (această adecvare de tip analogic nici măcar nu este necesară, deşi, de cele mai multe ori, este realizată), ci investigarea

lui *B* pînă la acel punct în care rezultatele obţinute în privinţa lui *B* au o anumită *relevanţă,* relativă la *A.*

Pentru a putea vorbi de modelare, trebuie să asigurăm deci nu numai *adecvarea* lui *B* la *A* (fapt care n-ar reprezenta decît un fel de traducere), ci şi *relevanţa* pentru *A* a rezultatelor relative la B. De exemplu, pentru a modela structurile sociale ierarhice putem folosi structurile arborescente din teoria grafurilor. însă a constata analogia dintre o arborescenţă şi o structură ierarhică nu este încă o modelare, este doar o metaforă matematică a structurilor ierarhice. Dacă însă ne folosim de diferite teoreme privind arborescenţele, pentru a obţine rezultate care dezvăluie natura mai ascunsă a structurilor ierarhice, atunci se obţine o anumită relevanţă care conferă arborescen- ţei calitatea de model.

Cele mai multe succese obţinute în ultimele decenii de ştiinţele sociale s-au bazat nu pe abordarea directă a specificului fenomenelor sociale, ci pe modelarea lor. Un exemplu semnificativ îl constituie faptul că cele mai multe premii Nobel în ştiinţele economice au fost atribuite unor modele matematice în economie.

I se reproşează uneori matematicii că este un jargon puţin accesibil, pe care-l înţeleg doar un număr restrîns de specialişti. Matematica ar fi deci o disciplină „nedemocratică", pe care publicul nu o poate controla. Se uită însă că astăzi s-a generalizat învăţămîntul obligatoriu de zece clase, care familiarizează pe orice tînăr cu limbajul matematic modern. In aceste condiţii, cum mai este posibil să se opună jargonul matematicii limbii comune ? Limbajul matematic este ca o limbă străină pe care o învaţă orice elev; acest limbaj este desigur artificial, dar în acelaşi timp el este profund uman,

izvorînd din necesitatea suplimentării limbajului natural dominat de vag şi ambiguitate cu o componentă care-i conferă o anumită rigoare şi precizie.

Alt reproş adus matematicii se referă la faptul că ea are în vedere *structurile* sociale, nu şi *valorile;* or, tocmai acestea din urmă domină disciplinele sociale. Dar se uită că valorile sînt cunoscute pe cale raţională exact în măsura în care ne apar structurate ; iar în ceea ce priveşte perceperea lor intuitiv-emo- ţională, nu numai matematica, ci şi ştiinţa în general se află „în afara jocului".

Din însăşi motivarea modelelor matematice în ştiinţele sociale rezultă că ele nu sînt numai posibile, ci şi necesare în ştiinţele sociale. Această necesitate decurge atît din diferenţa de natură dintre fenomenele sociale şi construcţiile ipotetic-deductive cît şi din diferenţa de grad de complexitate dintre ele. Dacă ştiinţele sociale s-ar limita la observaţie, inducţie şi generalizarea intuitivă, capacitatea lor explicativă ar fi redusă, eficienţa lor ar fi considerabil slăbită. A explica înseamnă în bună măsură a reduce complexitatea la simplitate, a desluşi dincolo de aparenţe o anumită esenţă, în spatele performanţei o anumită competenţă. Acest lucru nu este posibil fără o viziune ipo- tetic-deductivă, viziune de care înţelegerea fenomenului social profită prin intermediul modelării matematice. In măsura în care aceste modele sînt efective, constructive, este asigurată nu numai capacitatea explicativă a acestor modele, ci şi eficienţa lor.

Caracterul constructiv revine la natura algoritmică a modelelor, condiţie esenţială pentru a se putea transforma modelul într-un program de calculator. în acest fel, putem simula pe cale automată fenomene de mare complexitate, depinzînd de atît de mulţi parametri încît pe cale manuală

manipularea lor nu ar fi posibilă nici pe parcursul întregii vieţi a unei fiinţe umane.

Valoarea unui model matematic poate fi testată prin compararea intrărilor cu ieşirile sale. Dacă diferenţa dintre ele este nebanală, modelul are multe şanse să se dovedească util. Dar această diferenţă substanţială între intrări şi ieşiri presupune o prelucrare a datelor de intrare cu ajutorul unor metode, concepte, instrumente şi rezultate evoluate, care nu pot proveni decît din teorii aflate într-o fază ridicată de maturitate.

Astfel de teorii există din abundenţă în'matematica modernă; teoria grafurilor, teoria jocurilor şi deciziei, teoria ecuaţiilor diferenţiale, teoria probabilităţilor, teoria informaţiei, teoria codurilor, teoria categoriilor, algebra omologică, teoria catastrofelor, sînt numai cîţeva exemple.

De observat că unele dintre aceste teorii se referă la aspecte calitative, contrazicând astfel prejudecata după care matematica s-ar reduce la studiul aspectelor cantitative, numerice. Tipică în acest sens este teoria automatelor şi limbajelor formale, care furnizează modele privind mecanismele generative ale proceselor sociale. Cu deosebire în acest domeniu, şcoala românească de matematică a obţinut succese în modelarea fenomenelor sociale (a se vedea, de exemplu, Gh. Păun, *Mecanisme generative ale proceselor economice,* Bucureşti, Editura Tehnică, 1981 şi capitolul „Limbaje formale şi sisteme Leontief" din Aurora Ba- ciu, Anca Pascu, *Modele ale balanţei legăturilor dintre ramuri,* Bucureşti, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1982).

Dar rolul gîndirii matematice în ştiinţele sociale apare şi altfel. Matematica este un catalizator al unor transferuri de concepte, idei, metode, rezultate, dintr-o disciplină în

alta. Un exemplu celebru în acest sens îl constituie cibernetica, unde se operează transferuri între lumea maşinilor şi aceea a organismelor vii. Un alt transfer celebru, devenit posibil datorită formalizării matematice, îl constituie transferul conceptelor de entropie şi energie din fizică în teoria informaţiei (Shannon, Onicescu), prin aceasta realizîndu-se şi transferul celui de al doilea principiu al termodinamicii. Johan Galtung a studiat transferul unor concepte şi situaţii din chimie în ştiinţele sociale, transfer posibil datorită teoriei matematice a grafurilor (acest transfer îşi aşteaptă încă o dezvoltare pe măsură, Galtung schiţîndu-l doar).

Unul dintre cele mai importante transferuri devenite posibile datorită formalizării matematice este cel operat între lingvistică şi celelalte ştiinţe sociale (şi nu numai acestea). Roman Jakobson spunea că lingvistica este matematica ştiinţelor sociale. însă la acest statut al lingvisticii matematica are o contribuţie decisivă. Descrierile şi analizele lingvistice nu au putut fi „dezlipite" de substanţa limbilor naturale şi transferate în alte domenii decît în măsura în care ele, prin formalizare, s-au „emancipat", căpătînd o relativă independenţă, în acest fel, entităţi ca *gramatică, frază, silabă, morfem, categorie gramaticală, regulă sintactică, relaţie de subordonare* şi atîtea altele au căpătat un sens în domenii în care altfel ele nu ar fi avut ce căuta.

Ştiinţele sociale trebuie să facă faţă unei dificultăţi pe care ştiinţele naturii nu o cunosc : observatorii fac parte din domeniul observat. Cercetătorul este şi el o fiinţă socială care nu se poate sustrage interacţiunii bilaterale cu domeniul social investigat. Dificultatea pusă în evidenţă de Heisenberg în mecanica cuantică este

potenţată şi agravată în domeniul social. Orice prognoză socială poate acţiona asupra însuşi fenomenului pe care a urmărit să-l prognozeze. Autoreferinţa este la ea acasă, prin aceasta deschizîndu-se poarta tuturor dificultăţilor legate de paradoxuri şi antinomii. Logica clasică, guvernată de principiul identităţii, principiul necontradicţiei şi principiul terţului exclus, este transgresată prin mijloacele furnizate de logicile neclasice pe care logica matematică le-a dezvoltat în ultimele decenii (modale, deontice, polivalente, fuzzy, nuanţate etc.).

Reflecţia iui Pascal privind distincţia dintre spiritul geometric şi spiritul de fineţe primeşte o replică surprinzătoare : modelele cele mai subtile ale spiritului de fineţe sînt propuse tocmai de matematică, adică de spiritul geometric. Interacţiunea dintre ştiinţele sociale şi logica matematică devine una dintre cele mai importante activităţi matematice în ştiinţele sociale.

Dar gîndirea matematică poate acţiona în domeniul social chiar atunci cînd nu se prevalează de tehnicile matematice

.O anumită capacitate de abstractizare şi generalizare, de analogie, de gîndire combina- torială, generativă şi strategică, de ordonare a faptelor, de articulare a unor verigi deductive este salutară în cele mai variate situaţii care apar în activitatea socială curentă. încă un motiv de a stimula educaţia matematică a cercetătorilor în domeniul social.

PROVOCAREA INFORMAŢIEI

Să primim, dar să şi producem informaţie

A devenit un truism să se spună că informarea şi documentarea au un rol fundamental în învăţămînt şi cercetare. Dincolo însă de această formulare generală, mergem la manifestările efective ale acestei noi realităţi informaţionale ? într-un ritm în unele locuri mai lent, în alte locuri mai rapid, lumea se îndreaptă spre o societate informaţională. în unele ţări, încă în urmă cu vreo cinci ani mai mult de jumătate din forţa de muncă era ocupată în diferite faze şi tipuri de prelucrare a informaţiei. în aceste condiţii, ştiinţa şi învă- ţămîntul trebuie să facă faţă unui flux de informaţie de o intensitate fără precedent. însă ştiinţa şi învăţămîntul superior nu se pot mulţumi să fie beneficiare ale fluxului de informaţie, ele au datoria de a prelucra această infor-

maţie şi de a produce la rîndul lor informaţie, între cele două procese, cel al absorbţiei şi cel al producerii de informaţie, există o legătură organică. între capacitatea de absorbţie a informaţiei provenită din alte surse şi capacitatea de creare a unei informaţii noi, deci de constituire într-o nouă sursă de informaţie, există o interacţiune puternică.

Cercetarea ştiinţifică este asemenea unei ştafete. Numai că în sport îi vezi alături de tine pe ceilalţi alergători, care te stimulează şi îţi atrag atenţia asupra valorii fiecărei fracţiuni de secundă pierdute sau cîştigate. în ştiinţă, nu sînt numai cîţiva, ci o mulţime de alergători care au un obiectiv asemănător cu al tău ; însă aceşti alergători nu sînt decît rareori direct vizibili, existenţa lor este percepută indirect şi de multe ori cu întîrziere. Acest fapt poate ascunde caracterul de competiţie pe care îl are cercetarea ştiinţifică. A avea acces rapid la informaţia cea mai recentă şi mai valoroasă înseamnă posibilitatea de a prelua mai repede ştafeta de la cei care au produs această informaţie. A fi apt să comunici în mod operativ lumii ştiinţifice rezultatele pe care le-ai obţinut înseamnă capacitatea de a preda ştafeta mai departe cu rapiditate şi, deci, cu şanse mai mari de prioritate.

Concluzia este clară. Trebuie nu numai să primim revistele, monografiile şi tratatele de specialitate cele mai proaspete, dar să şi dispunem de un sistem propriu de publicaţii ştiinţifice care să prezinte cu operativitate specialiştilor din întreaga lume rezultatele cercetătorilor români. Accentuez aici importanţa revistelor. Adoptînd o metaforă militară, putem spune că în bătălia cercetării ştiinţifice linia întîi a frontului este vizibilă în revistele de specialitate ; acolo găsim

ştiinţa care se face sub ochii noştri, cu toate ezitările şi tatonările ei, cu întrebările rămase încă fără răspuns. Monografiile, tratatele şi, mai cu seamă, manualele se constituie în spatele frontului, deosebit de important, dar insuficient pentru cîştigarea bătăliei.

De ce facem aceste precizări aici ? Deoarece vrem, prin aceasta, să atragem atenţia asupra faptului că sursele de informare şi documentare pe care le punem la dispoziţia studenţilor nu se pot reduce la cursuri şi manuale. Cu cît vor fi mai mulţi studenţii care vor lua contact cu lumea revistelor (inclusiv a revistelor internaţionale de referate) şi cu cît acest lucru se va întîmpla mai devreme, nu abia în ultimul an de studii, cu atît mai bine îi vom pregăti pe absolvenţii noştri să fie capabili de un randament creator în profesie. Lucrările de diplomă şi lucrările de specializare dau, în mare măsură, seama de acest fenomen, de reuşitele şi eşecurile lui. Este însă necesar ca studenţii buni şi, mai ales, cei foarte buni să fie atraşi în activitatea de cercetare, pe baza contactului cu revistele, încă din primii ani de studiu. Aceasta presupune accesul fără dificultăţi al studenţilor la revistele aflate în bibliotecile de specialitate. Din păcate, la unele biblioteci există încă bariere administrativ-birocratice, care îngreunează accesul studenţilor la reviste şi monografii; măsuri de acest fel pornesc tocmai din mentalitatea după care studenţilor care n-au ajuns încă în ultimul an de studii le sînt suficiente cursurile şi manualele.

în. acelaşi timp, este necesar ca încă din clasele liceale elevii să fie învăţaţi cum se alcătuieşte şi se foloseşte o bibliografie relativă la o anumită chestiune şi cum se face referinţă la o sursă bibliografică

folosită. Modul de prezentare a multor comunicări la sesiuni ştiinţifice din şcoli şi facultăţi arată că există încă multă ignoranţă şi neglijenţă în această privinţă. Revistele şcolare abundă în texte în care cu greu se poate distinge partea inedită de partea preluată, neindicîndu-se de obicei cu exactitate sursele folosite. Uneori, referinţa se face doar pentru o mică parte din ceea ce s-a preluat.

O mărturie personală

încă din anii mei de ucenicie în munca ştiinţifică am dat o atenţie specială informării bibliografice cît mai complete. Parcurgeam sistematic revistele internaţionale de referate („Mathematical Reviews", „Zentralblatt fur Mathematik", „Referativnîi Jurnal", „Bulletin Signaletique"), conspectînd rubricile care mă interesau. Urmăream, de asemenea, revistele de specialitate. Evident, aceasta presupunea posibilitatea de a înţelege texte de specialitate în toate limbile internaţionale. Franceza o ştiam bine încă din şcoală, iar pe baza unor rudimente de rusă, engleză şi germană, pe care mi le însuşisem fie în şcoală, fie din inţiativă personală, mi-am consolidat cunoştinţele de limbi străine chiar prin contactul cu textele de specialitate. Fireşte, a intervenit şi avantajul vocabularului relativ redus şi standardizat pe care-l foloseşte matematica şi al structurii gramaticale simplificate a limbajului matematic, în ceea ce priveşte limbile italiană şi spaniolă, am constatat că, în ciuda absenţei unei pregătiri anterioare, pot înţelege textele de specialitate tipărite în aceste limbi.

Am acumulat peste o sută de caiete în care am înregistrat o imensă bibliografie, nu riumai de lucruri care mă interesau, dar şi despre ceea ce bănuiam că mă va putea interesa într-un viitor mai depărtat. Aceasta se întâmpla în urmă cu 30—35 de ani iar acel viitor mai depărtat de atunci a devenit trecutul apropiat de azi ; pot confirma că în mare măsură nu m-am înşelat. Ori de cîte ori m-am angajat în cercetarea unei probleme, prima etapă a fost aceea a consultării sistematice a rubricii corespunzătoare din revistele de referate. Arţi constatat astfel că multe aspecte interesante au scăpat unui mare număr de autori datorită faptului că nu aveau o reprezentare adecvată a contribuţiilor anterioare în problema de care se ocupau. Situaţia s-a complicat atunci cînd am inclus în preocupările mele unele domenii interdisciplinare ; aici, sistematizarea bibliografiei este mai puţin pusă la punct. Astfel, pentru lingvistica matematică a trebuit să rnă deprind a urmări publicaţii din domenii dintre cele mai variate : matematică, lingvistică, informatică, logică, inginerie, psihologie etc.

însă bibliografia, o dată înregistrată, trebuie organizată în aşa fel încît să poată fi folosită în diferite feluri. Uneori am nevoie de tot ceea ce a scris un anumit autor, alteori îmi trebuie ce anume s-a publicat într-o chestiune mai specială, cum ar fi coerenţa textuală sau continuitatea simetrică. Posibilitatea de a ţine sub control şi a putea prelucra o informaţie aflată în sute de caiete greu poate fi realizată manual. Calculatoarele personale încep să joace în această privinţă un rol capital. De asemenea, articolele de sinteză pe diferite probleme devin de necesitate vitală.

Acumulare, selecţie, comprimare

Cei care intră acum în cercetare şi au intenţii serioase în această privinţă trebuie să ţină seamă de amploarea deosebită pe care a căpătat-o difuziunea informaţiei ştiinţifice, de ritmul extraordinar al acumulării de rezultate noi. Nu ne mai putem mulţumi cu o informare ue tip tradiţional. Mintea noastră are tot mai mult nevoie de proteze şi auxiliare care sâ-i amplifice posibilităţile. Aşa se şi explică faptul că apar mereu lucrări privind igiena muncii intelectuale în noile condiţii create de revoluţia ştiinţifică tehnică. La Editura North Holland (Amsterdam), V. Stibic a publicat în 1980 (cu reluare în 1983) lucrarea *Personal Docamen- tation for Professionals* (214 pagini) iar în 1982 (cu reluare în 1983) lucrarea *Tools of the Mind,* (300 de pagini), destinate să-i ajute nu numai pe cercetători, dar şi pe toţi intelectualii să-şi organizeze mai bine activitatea.

Dar ce înseamnă a-ţi organiza mai bine o activitate intelectuală ? înseamnă în primul rînd să separi partea de rutină, de repetare a unor operaţii stereotipe, transferînd-o pe cît posibil unor mijloace automate, consacrîndu-te în schimb cît mai mult unei activităţi creatoare. Numai că, în practica vieţii cotidiene, distincţia rutină-creaţie este înlocuită printr-un continuum de situaţii intermediare. Astfel, o problemă practică este capacitatea de eliminare a obiectelor devenite inutile, de simplificare a teoriilor care nu mai pot fi păstrate la gradul anterior de detaliu, de triere a cunoştinţelor deja acumulate şi de articulare a lor cu cele nou primite. Capacitatea umană de memorare şi de prelucrare a informaţiei este limitată, dar nici nu este încă folosită cu un randament superior. Există o considerabilă inerţie în a

ne desprinde de reprezentările do- bîndite şi în a le reconsidera prin selecţie şi comprimare ; şi mai mare este această inerţie în cazul instituţiilor. Astfel, pentru a ne referi la programele de învăţămînt în domeniul matematicii, deşi s-au operat unele comprimări judicioase (cum ar fi cele privind trigonome- tria), numeroase alte comprimări se lasă încă aşteptate. In schimb, unele idei de combina- torică, logică, grafuri, jocuri, probabilităţi, teoria informaţiei, algoritmi, limbaje nu şi-au găsit încă locul, în ciuda faptului că gradul lor de atractivitate şi orizontul lor cultural sînt superioare celor pe care le prezintă destul de multe din actualele chestiuni de matematică şcolară. Analiza matematică ocupă şi ea un loc exagerat în programa şcolară, fiind bine verificat că ceea ce elevii asimilează de fapt la această disciplină este derizoriu faţă de ceea ce este preconizat.

Să mărim capacitatea de schimb a revistelor noastre

Dar dacă informarea operativă este atît de importantă, este ea şi posibilă ? Există în bibliotecile noastre informaţia de care avem nevoie ? Răspunsul este oarecum paradoxal : nu există cît ar fi necesar, dar cea existentă nu este suficient folosită.

Informaţia existentă este sub necesităţi. în ultimele decenii s-a observat un proces de diversificare a publicaţiilor ştiinţifice. De exemplu, în domeniul matematicii, de la reviste generale de matematică, în care îşi au loc toate ramurile matematicii moderne, s-a trecut tot mai mult la reviste specializate : de algebră, de geometrie diferenţială, de topologie, de analiză reală, de analiză funcţională etc. Dacă vechile

reviste puteau fi, în general, obţinute prin schimb cu publicaţiile noastre de matematică, noile reviste, avînd un profil specializat, nu mai acceptă schimbul cu o revistă care numai în mod incidental publică articole de profilul respectiv ; în aceste condiţii, ele trebuie cumpărate. O situaţie similară o prezintă domeniile nou apărute, de natură inter- disciplinară. Astfel, de o mare importanţă sînt revistele internaţionale de informatică, de inteligenţă artificială, de recunoaştere a formelor etc. Pentru procurarea acestor reviste altfel decît prin cumpărarea lor cu plata în valută există o singură cale : să restructurăm sistemul nostru de publicaţii ştiinţifice în limbi internaţionale, în aşa fel încît să-l adaptăm la noua situaţie, mărind astfel capacitatea de schimb a revistelor noastre. De exemplu, nu există o revistă românească de informatică matematică în limbi internaţionale, deşi forţele ştiinţifice existente la noi în această ramură sînt destul de puternice.

Informaţia existentă nu este încă suficient folosită. La Institutul Naţional de Informare şi Documentare (INID) se găseşte acel *Science Citation Index* care permite să se urmărească utilizarea fiecărei lucrări publicate. La Biblioteca Academiei R. S. România sînt anunţate lunar noutăţile care intră în bibliotecă, printre ele destule demne de interes. Am impresia că numai o mică parte dintre tinerii noştri cercetători şi-au format obiceiul de a conspecta cu regularitate noutăţile, în primul rînd revistele internaţionale de referate. Un student care se află la primii paşi în cercetare primeşte de la îndrumătorul său bibliografia pe care trebuie s-o consulte.

în mod normal, ar trebui ca după doi, trei ani să devină capabil să se orienteze singur în literatura de specialitate. De multe ori nu se întîmplă aşa. Sînt destui absolvenţi care au terminat facultatea de 3, 4, 5 sau chiar 10, 15 ani, care vin să-l întrebe pe fostul lor profesor ce mai este nou în domeniul lor de interes. Există mulţi absolvenţi, chiar dintre cei prestigioşi, care nici măcar nu au aflat de existenţa revistelor internaţionale de referate, iar unii află de existenţa lor dar nici măcar nu ştiu cum arată ele.

O imensă informaţie vine spre noi numai dacă ne îndreptăm noi spre ea

Voi relata o întîmplare semnificativă în ordinea de idei de aici. După publicarea cărţii mele *Timpul* (Ed. Albatros, 1985), mulţi au fost cei care şi-au exprimat mirarea faţă de faptul că am putut avea acces la o informaţie atît de bogată şi recentă. Am fost considerat beneficiarul norocos şi privilegiat al unei informaţii care nu se află la îndemîna celor mulţi. Care este realitatea ? Cea mai mare parte, peste 80% din conţinutul cărţii, se bazează pe surse de informaţie aflate în bibliotecile bucureştene: Biblioteca Academiei R. S. România, Biblioteca Centrală Universitară, Biblioteca Institutului de Etnologie şi Dialectologie, Biblioteca Institutului de Filosofie etc. Dar o atare bibliografie nu ne aşteaptă gata făcută. *Noi* sîntem cei care trebuie să ne îndreptăm spre cartotecile bibliotecilor, spre revistele internaţionale de referate, spre actele congreselor internaţionale, pentru a le examina şi pentru a ne extrage ceea ce ni se pare relevant în problema care ne interesează.

O imensă informaţie ne aşteaptă în biblioteci; ea trebuie consultată cu regularitate, cu un anume simţ al ordinei şi cu o intuiţie selectivă mereu trează. Această informaţie, spre deosebire de cea transmisă pe canale audio-vizuale, nu vine ea spre noi, ci aşteaptă să ne îndreptăm noi spre ea ; şi tot spre deosebire de o bună parte din informaţia care ne asaltează prin canalele mass-mediei, informaţia din bibliotecă există numai într-o formă latentă, potenţială ; ea se actualizează numai prin efortul nostru.

Ştiinţa orală şi contactele directe

Mai există un aspect important asupra căruia trebuie să atragem atenţia. O mare parte din producţia ştiinţifică curentă, de fapt partea ei cea mai vie şi mai proaspătă, circulă printre specialişti sub formă orală, sub formă de pre- printuri sau scrisori, de publicaţii în tiraje cvasiconfidenţiale, r ultplicate pe alte căi decît tiparul. Această situaţie este determinată de necesitatea unei comunicări mai rapide între specialişti căci tiparul se dovedeşte tot mai lent şi mai greoi, incapabil să ţină pasul cu ritmul vieţii ştiinţifice moderne. La multe reviste internaţionale tipărite un articol aşteaptă cîtiva ani pentru a fi publicat (în această situaţie se află şi principala revistă românească de matematică „Revue Roumaine de Mathematiques Pures et Appliquâes"). Unele reviste ca „International Journal of Computaţional Linguistics" au fost miniaturizate prin film?re, dar deocamdată procesul acesta este şi el lent. Aceste reviste se păstrează mai uşor. ocupînd un loc derizoriu, dar se

şi citesc mai greu, cu ajutorul unui aparat special.

In condiţiile nou create, în care comunicarea ştiinţifică dă naştere unui întreg folclor, cum este numită circulaţia orală a rezultatelor, în condiţiile în care comunicarea se face în mare măsură prin publicaţii cum sînt cele evocate mai sus, care nu au intrat încă într-un sistem clar de schimburi şi nici nu sînt recenzate în revistele internaţionale de referate, devin tot mai importante, esenţiale, participarea cercetătorilor la reuniunile ştiinţifice internaţionale şi contactele personale, prin întîl- niri şi corespondenţă directă, între cercetători. Am dat în altă parte un exemplu mai recent, dar multe alte situaţii similare ar putea fi invocate.

Informaţie şi creativitate

Relaţia dintre informaţie şi creativitate a trecut în secolul nostru prin transformări profunde. Pe de o parte, creativitatea (cel puţin cea ştiinţifică) nu se mai poate actualiza în realizări majore în afara unei informaţii bogate şi la zi. Nimeni nu se mai aşteaptă azi (în afara diletanţilor) ca problema lui Fermat să fie rezolvată prin trucuri de matematică elementară, iar rezultatele parţiale obţinute recent în rezolvarea acestei probleme angajează instrumente puternice de matematică superioară. Pe de altă parte, nici informaţia nu mai poate fi acumulată în marea ei varietate şi bogăţie dacă nu există o viziune creatoare asupra ei. Pe marginea acestui punct este necesar să insistăm. In ultimele decenii s-a constatat o deplasare puternică a disciplinelor descriptive spre structuri explicative şi organizatoare. O serie de ştiinţe ale

naturii, tradiţional dominate de o imensă informaţie descriptivă, se orientează spre viziuni sistemice fără de care informaţia respectivă nu poate fi articulată, organizată şi ierarhizată ; mai mult, nu poate fi nici măcar reţinută, nefiind înţeleasă.

însă creativitatea nu trebuie considerată, cum se întâmplă de obicei, numai în ipostazele ei superioare, concretizate în creaţii care se bucură de o recunoaştere publică. Formele creativităţii se repartizează într-o ierarhie foarte bogată şi nuanţată. Poate chiar termenul de creativitate nu este fericit ales. Creativitatea include orice iniţiativă personală, orice atitudine lipsită de prejudecăţi, decurgînd dintr-un act de gîndire personală. Aceste forme elementare ale creativităţii, în care are loc dezlipirea, desprinderea de procedeele standardizate, de actele de rutină, de clişeele de gîndire şi de exprimare, trebuie stimulate şi cultivate. în aceste forme incipiente, creativitatea poate fi educată şi dezvoltată la aproape orice persoană şi la orice stadiu de informarfe şi cultură. Realizarea acestui deziderat este o comandă socială vitală pentru omenire. Un rol fundamental revine aici şcolii. O imensă literatură îi este dedicată de către pedagogi şi psihologi, în contrast cu puţinul care se realizează de fapt. Desigur, unele statistici ne pot contrazice. Numărul mare de cercuri ştiinţifice din şcoli şi facultăţi, de sesiuni de comunicări ştiinţifice, de reviste şcolare ar putea să dea o impresie opusă. Adevărul este că activităţile menţionate întreţin o regretabilă confuzie între informaţie şi creaţie, între preluat şi inedit. Sub denumirea de cerc *ştiinţific* se ascund de foarte multe ori simple activităţi de informare sub formă de referate care au la bază diferite articole şi cărţi de

specialitate care, destul de frecvent, nici măcar nu sînt menţionate. într-o revistă a unui prestigios liceu bucureştean am găsit două articole care constau în pasaje preluate aproape întocmai din lucrarea mea *Poetica matematică,* fără însă a se menţiona acest lucru. Am asistat la numeroase comunicări ştiinţifice ale elevilor unde abia prin întrebările mele ulterioare am putut afla care a fost sursa de informaţie folosită. Este foarte important ca tinerii să fie educaţi în spiritul unei distincţii riguroase între ideile şi rezultatele preluate de la alţi autori şi propriile lor idei şi rezultate. Aşa cum copilul distinge între o jucărie care-i aparţine şi alta care e a prietenului său, el trebuie să înveţe treptat să distingă între un lucru făcut cu capul lui şi altul, gîndit de altcineva. Altfel, intenţionat sau nu, creăm premise favorabile lenei de gîndire şi furtului intelectual. Tinerii trebuie să fie deprinşi ca, atunci cînd se ocupă de o problemă, să se informeze mai întîi care este stadiul cunoştinţelor în problema respectivă ; să nu confunde prezentarea acestor cunoştinţe cu eventuala contribuţie inedită pe care ei ar putea-o adăuga. în redactarea unei comunicări, a unui articol, trebuie să înceapă prin a menţiona care sînt rezultatele cunoscute, mai importante, de la care s-a plecat şi sursele bibliografice care s-au consultat.

Avem impresia că nu se înţelege destul de bine rostul activităţilor suplimentare, de cerc ştiinţific şi de organizare a unor sesiuni de comunicări. Rostul lor nu este atît informativ, cît formativ. Elevii şi studenţii primesc, în cadrul activităţilor uzuale, o imensă informaţie şi nu este cazul s-o amplificăm şi mai mult prin activităţi suplimentare. însă finalitatea unui cerc ştiinţific de matematică, de

exemplu, nu este de a le mai da participanţilor încă vreo 30 de teoreme, pe lîngă cele vreo 50 pe care le au în manual; raţiunea acestor cercuri este de a-i implica pe participanţi într-o activitate cu un mai mare coeficient de iniţiativă personală decît îl au activităţile şcolare şi studenţeşti curente.

Două exagerări de sens opus

Aici, unii aduc următoarea obiecţie. Un elev de liceu sau un student în primii ani de facultate (şi chiar în ani mai mari) nu are suficientă pregătire pentru a face cercetare ştiinţifică autentică; el trebuie deocamdată să se informeze, să se cultive, pentru ca mai tîr- ziu să poată face cercetare. Au loc astfel două exagerări de sens opus. Prima exagerare constă în folosirea abuzivă a denumirilor de comunicare ştiinţifică, cercetare ştiinţifică pentru activităţi de fapt mult mai modeste (într-un număr din „Viaţa studenţească[1]', din noiembrie 1985, alcătuit de studenţii din Cluj-Napoca, cineva afirmă, despre stu'denţii unei anumite facultăţi, că sînt toţi implicaţi în cercetare ştiinţifică) ; a doua exagerare constă în teoretizarea imposibilităţii cercetării ştiinţifice înainte de ultimii ani de facultate sau chiar de absolvire. Desigur, o sintagmă ca *cercetare ştiinţifică* este pretenţioasă şi n-ar trebui să fie folosită cu atîta uşurinţă, dînd naştere unei adevărate inflaţii. Aceasta nu înseamnă însă că cercurile ştiinţifice din şcoli şi facultăţi nu sînt importante. *La orice nivel de cultură ştiinţifică pot fi stimulate activităţi de căutare, de iniţiativă personală, care, independent de valoarea şi noutatea rezultatelor obţinute, au un considerabil*

rol formativ. Experienţa mea cu elevii din clasele superioare şi cu studenţii din primii ani de facultate mi-a confirmat că de multe ori, dacă sînt îndrumaţi cu grijă, aceştia pot obţine rezultate originale, publicabile în reviste de specialitate. La sesiunea ştiinţifică din 1985 a Facultăţii de Matematică a Universităţii din Bucureşti, doi elevi ai clasei a XII-a din Bucureşti au prezentat astfel de comunicări unanim apreciate. Eminenţi tineri matematicieni au prezentat, cînd erau încă studenţi in anul întîi, comunicări care au fost imediat publicate în „Revue Roumaine de Mathema- tiques Pures et Appliquees". Faptul că uneori (de fapt, de cele mai multe ori) nu se obţin rezultate publicabile nu înseamnă că activitatea respectivă a fost inutilă. Este însă important ca tinerii să se antreneze pe probleme vii, care se află efectiv în direcţia de interes a ştiinţei actuale, nu pe probleme artificiale, bazate pe trucuri, cum sînt încă, din păcate, multe dintre chestiunile propuse la olimpiade şi la concursuri ştiinţifice studenţeşti.

Dar poate că mai important decît cele de mai sus este faptul că, în realitatea zilnică a vieţii şcolare, elevii sînt prea des invitaţi să reproducă şi să aplice formulări-clişeu şi procedee de rutină decît să reflecteze asupra unor situaţii inedite. Cel puţin la orele de matematică, am putut verifica de nenumărate ori această situaţie.

i

Elogiul hîrtiei

Lucrurile care ne stau tot timpul la îndemînă riscă să rămînă neobservate. Printre aceste lucruri, fără de care civilizaţia noastră nu ar putea fi imaginată, se află şi hîrtia. Este greu de găsit un obiect mai

multifuncţional decît acesta. încercaţi să vă reprezentaţi o singură zi în care accesul la hîrtie ar fi interzis, sub orice formă ; viaţa ar deveni aproape imposibilă. Informaţia circulă, în mare măsură, prin intermediul hîrtiei.

Există plăceri simple, dar fundamentale : a respira, a gusta un fruct, a bea un pahar cu apă, a te plimba, a privi natura. La acestea se adaugă, la fel de fundamentale, plăcerea de a citii şi plăcerea de a scrie, în care hîrtia este deopotrivă implicată. Ori de cîte ori începem o nouă coală de hîrtie, albă, proaspătă, parcă mirosind a celuloză, ne simţim mai inspiraţi şi mai stimulaţi. Simpla răsfoire a unor cărţi în- tr-o librărie sau într-o bibliotecă poate fi însoţită de o rară voluptate. Există o întreagă estetică a hîrtiei, a netezimii şi fragilităţii ei, a albului ei imaculat. Hîrtia de desen, cu textura ei densă, parcă abia aşteaptă o mînă de artist pentru a o împodobi cu forme şi culori. Pînă şi împachetarea sau despachetarea unui obiect nu este lipsită de o latură afectivă.

De o diversitate remarcabilă sînt proprietăţile fizice ale hîrtiei. Ea poate fi „aspră sau netedă, moale ca lîna sau rigidă aproape ca scîndura, rezistentă la apă, la grăsime, la substanţe chimice, la căldură şi uneori chiar la foc, absorbantă sau nu, opacă sau transparentă, albă sau colorată, lucitoare sau mată, groasă sau subţire, uşoară sau grea, laminată, ondulată, creponată, cartonată, gudronată, ceruită, uşor de îndoit şi împăturit, inferioară sau superioară" (Colin Cherry, *The humanily of pa- per,* „Consolidation of the paper web", Trans- actions of the Cambridge Symposium 1965, Bri- tish Paper of Board Makers' Association, London, p. 1—10).

Observaţi bucuria copilului care poate plimba creioanele sale colorate pe

suprafaţa unei coli de hîrtie ! Singura lui mîhnire este produsă de urmele urite pe care le lasă uneori folosirea radierei. Hîrtia este cîmpul de desfăşurare a atîtor jocuri care ne ocupă timpul liber ! Ea stimulează imaginaţia şi pofta de muncă intelectuală. Ea este suportul atîtor documente din vremuri îndepărtate, care reînvie în mintea noastră epocile revolute. Aţi urmărit vreodată, la Biblioteca Academiei, cu cîtă pasiune se cufundă în paginile îngălbenite ale unor vechi publicaţii cercetători din cele mai variate domenii ? Sau voluptatea cu care sînt urmărite, în biliotecile dc specialitate ale universităţilor şi institutelor de cercetare, cele mai recente apariţii ale revistelor ştiinţifice ? N-aţi trăit în atîtea dimineţi emoţia deschiderii ziarului abia ieşit din rotativă, pentru a afla cea mai proaspătă ştire ?

De la papirus la hîrtie şi de **la hîrtie la tipar**

Apărută în secolul al II-lea în China, răspîn- dită în secolele al Vl-lea şi al Vll-lea în ţările Asiei, apoi în secolele al Xl-lea şi al XH-lea în Europa, hîrtia a preluat toate funcţiile vechilor papirusuri egiptene. Lumea antică realiza importanţa papirusului. Orice eşec în recoltarea plantei din care se obţinea materialul respectiv era perceput ca o ameninţare la adresa bunei funcţionări a vieţii sociale, deoarece toate documentele legale, actele legate de viaţa comercială, textele civile sau religioase, înregistrările de orice fel, lucrările literare, ritualurile de înmormîntare şi atîtea altele se foloseau de papirusuri (Colin Cherry, op. *cit.).*

Preluînd toate aceste funcţii, hîrtia le-a adăugat altele noi. Dar principalul stimulent pentru creştera producţiei de hîrtie l-a constituit inventarea tiparului, de către Johann Gutenberg, în secolul al XV-lea. Incepind cu acest moment, o parte tot mai mare a hîrtiei devine hîrtie tipărită. Era hîrtdei tinde să se confunde cu ceea ce M. McLuhan numea Galaxia Gutenberg. Hîrtia este principalul mijloc pentru înregistrarea, transmiterea, răspîndirea şi păstrarea informaţiei. Fără hîrtie nu se pot concepe civilizaţia şi cultura modernă. Hîrtia pătrunde sub multiple forme în industrie, în comerţ, în finanţe şi în viaţa casnică ; să ne gîndim la ambalaje, la timbre poştale şi plicuri de scrisori, la bancnote şi cecuri. Versatilitatea hîrtiei nu pare a fi întrecută de a nici unui alt material.

Pare aproape de necrezut că această infinită funcţionalitate este obţinută, în esenţă, prin compoziţia a două dintre cele mai comune substanţe răspîndite în natură ; apa şi celuloza. Perspectivele sînt vaste în ceea ce priveşte folosirea hîrtiei pentru îmbrăcăminte, pentru construcţii de case temporare (deja realizate în Japonia) sau garaje temporare, eventual în combinaţie cu lemnul, cu materiale plastice, cu metale sau cu ceramică.

Faţă de această utilizare crescîndă a hîrtiei, problema procurării materiei prime necesare fabricării ei a devenit tot mai acută. Criza ecologică în care se află omenirea a afectat profund şi pădurile care urmau să furnizeze celuloza necesară fabricării hîrtiei. Cercetarea ştiinţifică nu a reuşit încă să descopere procedee de accelerare a creşterii pădurilor. în cele mai multe ţări mari consumatoare de hîrtie, acest material este cu precădere importat. Dar cîte ţări din lumea în curs de

dezvoltare nu se văd împiedicate în procesul de alfabetizare şi culturalizare a populaţiei, între altele, şi de insuficienta cantitate de hîrtie disponibilă !

O altă dificultate este atitudinea multor cetăţeni faţă de hîrtie, pe care, după o singură utilizare, o transferă în categoria obiectelor inutile, de aruncat. însă cele mai multe utilizări ale hîrtiei (un exemplu tipic e6te lectura) nu o deteriorează decît foarte puţin sau aproape deloc. Există mărfuri mai ieftine decît ambalajul în care se vînd. Recuperarea şi reintroducerea hîrtiei în circuitul economic se impun. O educare în acest spirit a publicului ar avea un impact considerabil asupra producţiei de hîrtie.

Ar fi însă o gravă omisiune dacă nu am menţiona faptul că tot de hîrtie este asociat unul dintre păcatele societăţii contemporane, birocraţia. Ca persoană care interpretează şi aplică legile, dispoziţiile, regulamentele etc. numai în litera lor, fără preocuparea de a le înţelege sensul, birocratul se agaţă disperat de anumite hîrtii, care pentru el înlocuiesc fluxul autentic al vieţii sociale. în ochii unui astfel de sclav al hîrtiilor, oamenii riscă şi ei să devină nişte simple hîrtii. Hîrtia îndeplineşte o funcţie semiotică nu lipsită de unele avantaje (buletinul de identitate, legitimaţia de serviciu, certificatul de căsătorie, carnetul de şofer etc.), dar ale cărei capcane şi primejdii nu trebuie subestimate, atunci cînd este vorba de a se stabili o relaţie de contiguitate între o fiinţă vie şi diferitele hîrtii care o reprezintă.

De la memoria hîrtiei la memoria calculatorului

Creşterea necesităţilor de hîrtie s-a produs concomitent cu anumite procese care păreau să aibă un efect contrar. Considerată ca un simptom al civilizaţiei tiparului, hîrtia părea să fie tot mai mult concurată de dezvoltarea electronicii şi a calculatoarelor. în cei peste 20 de ani de cînd se manifestă această îngrijorare, lucrurile au evoluat însă altfel decît s-a crezut. Este adevărat că tiparul a intrat în criză. El a devenit prea greoi, prea lent, prea scump. Dar acest fapt nu a produs o reducere a consumului de hîrtie, ci a constituit un stimulent pentru utilizarea unor mijloace de multiplicare altele decît tiparul, mai rapide şi mai ieftine decît acesta. Un rol important îl are în această ordine de idei procesul de miniaturizare. Unele reviste ştiinţifice au început să apară în format minuscul, fiind citite cu un aparat special. Documentele sub formă de hîrtie scrisă sau imprimată ocupă un spaţiu voluminos, de care dispun tot mai greu atît bibliotecile publice cît şi cele particulare. Revistele internaţionale de referate în domenii ca fizica, chimia, biologia, matematica, diferite feluri de inginerii sînt tot mai groase deoarece numărul apariţiilor de cărţi şi de periodice creşte în progresie geometrică. Oricît de mult s-ar comprima şi selecta informaţiile deja acumulate, procesul de triere nu poate compensa încă avalanşa de informaţii care vine spre noi din toate direcţiile, Unde se pot depozita aceste imense cantităţi de hîrtie, în aşa fel încît informaţiile pe care ele le conţin să fie uşor accesibile şi utilizabile ? S-a constatat că hîrtia se păstrează mai bine la temperaturi coborîte. Va trebui oare ca marile biblioteci să fie dotate cu uriaşe frigidere pentru păstrarea documentelor mai importante ? Sau va fi necesar să

transportăm aceste documente şi să le depozităm în Antarctica, cel mai mare frigider al planetei noastre ?

Un răspuns la întrebări atît de grele — un răspuns care, într-un anume sens, este şi un compromis, dar un compromis inevitabil — a venit de la informatică. într-adevăr, calculatoarele sînt prelungirea logică a hîrtiei şi tiparului deoarece pot păstra în memoria lor, pe spaţii infime, cantităţi astronomice de informaţii. Cu ajutorul calculatorului, informaţiile pot fi nu numai păstrate, ci şi prelucrate în diferite moduri şi cu o extremă rapiditate. Aceste prelucrări includ nu numai calcule de rutină, ci şi operaţii logice dintre cele mai variate, cum ar fi compararea unor obiecte sau testarea unor proprietăţi. Aşa se explică faptul că în matematică procesul demonstrativ se prevalează din ce în ce mai mult de calculatorul electronic. întregul domeniu al inteligenţei artificiale este un rezultat al faptului că, dincolo de calcule numerice, putem programa la calculator operaţii logice dintre cele mai complicate, cu condiţia ca ele să poată fi descompuse în paşi elementari expliciţi şi riguros ordonaţi.

Două stadii de alfabetizar

eEste interesant faptul că cele două etape în stocarea şi prelucrarea informaţiei, hîrtia şi calculatorul, definesc două stadii de alfabetizare. Alfabetizarea tradiţională, constînd în învăţarea scrisului şi cititului, reprezintă încă, pentru sute de milioane de oameni, un deziderat neatins. Cea de a doua alfabetizare, pe care omenirea va trebui s-o realizeze în următoarele decenii, este alfabetizarea computaţională, învăţarea dialogului cu calculatorul. I-au trebuit rasei umane sute

de ani pentru a înţelege umanitatea hîrtiei. Probabil însă că vor fi suficiente cîteva decenii pentru ca omenirea să sesizeze umanitatea calculatorul electronic, să-i descopere versatilitatea şi raza infinită de acţiune. Mulţi au fost cei care s-au îngrijorat la ideea că această a doua alfabetizare ar putea s-o compromită pe prima. Vor mai şti noile generaţii să citească şi să scrie ? se întrebau mulţi în urmă cu 20 de ani, văzîndu-i pe copii petrecînd partea cea mai mare a timpului în faţa televizorului. Numeroase anchete arătau atunci că, în o serie de ţări, mai multe cunoştinţe dobîndeau elevii de la emisiunile de televiziune şi, în general, din performanţele revoluţiei electronice, decît din ceea ce învăţau la şcoală. Evoluţia ulterioară a lucrurilor nu a mai urmat însă această orientare. Cererea de carte nu a scăzut nici un moment. In particular, la noi, fenomenul este vizibil în incintele librăriilor şi bibliotecilor. Industria hîrtiei este din ce în ce mai solicitată. Este hîrtia ameninţată de tehnologia electronică ? Istoria tehnologiei arată că, la apariţia unei noi tehnologii, se întîmplă unul dintre următoarele trei lucruri : a) noua tehnologie o stimulează pe cea veche, care nu vrea să dispară (a se vedea modul în care televiziunea a stimulat cumpărarea şi lectura cărţilor) ; b) noua tehnologie poate deschide perspective complet noi şi utile social, permiţînd totuşi vechii tehnologii să continue a se dezvolta pînă la o anumită saturaţie (răspândirea rapidă a telefonului nu a făcut inutile serviciile poştale, dar acestea din urmă au ajuns la o anumită saturaţie) ; c) în sfîrşit, noua tehnologie se poate dovedi atît de avantajoasă faţă de cea veche, încît să determine prăbuşirea tehnologiei vechi (astfel, după primul

război mondial, apariţia automobilului a determinat, în Statele Unite ale Americii, o scădere dramatică a traficului pe calea ferată).

în această perspectivă, unde se situează industria hîrtiei faţă de revoluţia electronică ? Tehnologia informaţională s-a dezvoltat în ultimele decenii în mod exploziv pe toate fronturile ; radio, telefon, televiziune, calculatoare electronice. Concomitent, însă, industria bazată pe hîrtie, publicarea ziarelor, revistelor şi căr-ţilor s-au dezvoltat şi ele vertiginos. Civilizaţia electronică nu ameninţă civilizaţia cărţii. Omul, fiinţă echilibrată, are nevoie atît de secvenţialitatea lecturii, cît şi de concomitenţa percepţiilor audio-vizuale. Satisfacerea acestei nevoi este o condiţie de sănătate psiho-soma- tică a omului modern.

PROVOCAREA LIMBAJELOR

Distincţia limbă-limbaj

In *Dicţionarul explicativ al limbii române* se spune despre limbaj că este : „1° un sistem de comunicare alcătuit din sunete articulate, specific oamenilor, prin care aceştia îşi exprimă gîndurile, sentimentele şi dorinţele ; limbă, 2° limba unei comunităţi umane istoriceşte constituite", pentru ca la termenul *limbă* să se spună :

„limbajul unei comunităţi umane istoriceşte constituite". O informaţie mai precisă se obţine prin consultarea volumului *Le lan- gage,* sub direcţia lui Andre Martinet (*Encyclo- pedie de la Pleiade,* Gallimard, 1968), de unde aflăm că limbajul (articulat) revine la trăsăturile comune tuturor limbilor vorbite de oameni. Ajungem astfel Ia problema universa- liilor lingvistice. Este însă clar că, aşa cum a fost operată în lingvistică distincţia limbă-limbaj, ea nu a avut în vedere sistemele artificiale de comunicare. Limbajul a fost conceput drept o anumită facultate, o aptitudine umană, în timp ce limbile sînt realizări ale acestei aptitudini. Insă problema unei distincţii de acest fel nu se pune numai pentru limbajul articulat, ci şi pentru alte sisteme de comunicare.

Terminologia utilizată în domeniul sistemelor semiotice artificiale este cam dezordonată. Prin limbi artificiale se înţeleg limbi de tipul
Iui esperanto, iar prin limbaje artificiale desemnăm sisteme de comunicare de tipul limbajelor de programare, al limbajelor logice, al limbajelor de comunicare cosmică (LINCOS) etc. De fapt, în domeniul sistemelor de comunicare umană altele decît limbajul articulat, problema operării unei distincţii de genul limbă-limbaj nu numai că nu a fost încă rezolvată, dar nici măcar nu a fost încă formulată explicit. Ar trebui să urcăm de la limbajele de programare particulare, existente, la trăsăturile comune lor şi celor care ar putea fi create ulterior, dar se pare că teoria limbajelor de programare nu este încă suficient de avansată pentru a face faţă acestei investigaţii (să nu uităm că noţiunea generală de program de calculator nu este încă elucidată ; nu ştim încă să precizam, în cazul general, ce

anume transformă un şir de instrucţiuni într-un program). în aceste condiţii, vom folosi termenii de *limbă* şi *limbaj* în mod alternativ, confor- mîndu-ne terminologiei în circulaţie, fără nici o pretenţie de rigoare.

Conceptul de limbaj este controversat şi din alt punct de vedere, anume în raport cu cel de *sistem semiotic.* Orice astfel de sistem este dotat cu o *sintaxă* (regulile relaţiilor dintre elementele şi dintre părţile sistemului), o *semantică* (raportul semnelor cu lumea din afara sistemului) şi o *pragmatică* (raportul sistemului cu cei care-l folosesc). în ce condiţii un atare sistem devine un limbaj ? Cel puţin o condiţie trebuie adăugată : caracterul *liniar* sau măcar *liniarizabil* (aici intră, de exemplu, sistemele semiotice generabile prin gramatici picturale, mai generale decît cele ale lui Chomsky, dar păstrînd atributele lor esenţiale).

Statutul limbajelor artificiale trebuie clarificat în raport cu cel al cîtorva altor tipuri fundamentale de limbaje, cum ar fi : limbile naturale, limbajele umane, limbajele computaţionale, limbajele formale, limbajul articulat, limbajele animalelor, limbajul genetic.

în urmă cu peste 15 ani, Y. Bar-Hillel propusese ca trăsătură definitorie a limbajelor artificiale absenţa dimensiunii pragmatice. Trebuia probabil să înţelegem că, cel puţin în etapa lor iniţială, limbajele artificiale, fiind create „pe hîrtie", sînt dotate numai cu sintaxă şi semantică, în timp ce pentru limbi ca româna sau franceza dimensiunea pragmatică nu a lipsit în nici un moment cunoscut al dez- voltării lor. Faptul acesta este legat de un altul : limbajele artificiale sînt create la o dată precisă, consemnată de cele mai multe ori printr-o lucrare ştiinţifică, în

timp ce limbile naturale au o apariţie graduală, care se extinde de obicei la cîteva sute de ani. Dar nu cumva trebuie să operăm distincţia natural-artifi- cial şi în domeniul limbajului animalelor ? Posibilitatea unor sisteme de comunicare create ad-hoc este ea exclusă în lumea viului neuman ?

Limbaje umane, limbaje naturale, limbaje formale

Distincţia dintre limbajul uman şi cel al altor vieţuitoare poate fi operată şi la nivel structural. Ipoteza cea mai interesantă formulată în această privinţă este următoarea : Omul este singura fiinţă capabilă să creeze, să manipuleze şi să înţeleagă limbaje infinite, adică limbaje care funcţionează pe baza unor reguli recursive, repetabile indefinit.

Desigur, este vorba aici de un infinit potenţial, nu de unul actual. Dar despre infinitatea limbajului uman este necesară o discuţie separată, fiind vorba de o problemă în care lămuririle fundamentale au venit abia în ultimele două decenii.

Prin *limbaj uman* am înţeles, în cele de mai sus, atît limbajul articulat, cît şi limbajele artificiale de tipul calculului proporţional cu *n* variabile sau al Algolului. Aici însă trebuie operate noi distincţii. Limbajul calculului propoziţional (ca şi limbajul calculului cu predicate) este un limbaj formal, adică un limbaj cu statutul unui sistem formal în sensul logicii matematice (Hilbert). Limbajele formale se opun limbilor naturale prin mai multe trăsături, dintre care cea mai importantă ni se pare următoarea : într-un limbaj cum este cel al calculului propoziţional noţiunea de secvenţă corect formată este riguros

definită, în timp ce într-o limbă naturală nu se poate da o condiţie suficienta pentru ca o secvenţă oarecare să fie corect alcătuită. Toate condiţiile cunoscute în această privinţă (de exemplu, acordul predicatului cu subiectul) sînt numai necesare. Limbajele formale sînt limbaje umane artificiale definite cu ajutorul unui alfabet finit şi al unei mulţimi (posibil infinite) de secvenţe finite de elemente ale alfabetului (unele elemente pu- tîndu-se repeta în aceeaşi secvenţă). Este posibil însă ca mulţimea de secvenţe să nu fie indicată explicit, ci prin intermediul unei gramatici formale. Nu orice limbaj uman artificial este un limbaj formal. Deosebit de relevantă este, în această privinţă, situaţia limbajelor computaţionale, mai precis, a limbajelor de programare. In mod aproape spontan, aceste limbaje au fost considerate, la apariţia lor, limbaje formale şi, probabil, nu sînt puţini cei care le consideră şi acum aşa, ca urmare a unei tratări superficiale a acestei chestiuni.

Pe măsură ce s-a dezvoltat pragmatica acestor limbaje, adică relaţia lor cu programatorii, a devenit tot mai clar statutul intermediar al acestor limbaje, care prin anumite trăsături se aşază în apropierea limbilor naturale, în timp ce prin altele ele intră în categoria limbajelor formale. Astfel, caracterul gradual al proprietăţii de corectitudine gramaticală, caracterul integrativ, mai degrabă decît aditiv, al semanticii — sensul unei secvenţe nu se obţine totdeauna prin compunerea sensurilor termenilor secvenţei (există în limbajele de programare adevărate expresii idiomatice), posibilitatea de a le genera cu gramatici dependente de context, dar nu totdeauna cu gramatici independente de context şi alte proprietăţi structurale sînt

comune limbajelor de programare şi celor naturale. In schimb, omonimia contextuală este aproape total absentă în limbajele de programare ALGOL, FORTRAN şi COBOL, în timp ce ea este deosebit de bogată în engleză, română, franceză şi maghiară (pentru a ne referi la limbile în care ea a fost mai sistematic studiată).

Ce se întîmplă în domeniul limbajelor artificiale altele decît cele computaţionale ? Aici intră multe limbaje logice şi multe coduri, dar nu şi un limbaj cum este cel matematic. Acesta din urmă are o componentă naturală şi una artificială (alcătuită din simboluri şi formule). Relaţia dintre aceste componente are ceva comun cu fenomenele de contact între două idiomuri, mult studiate în lingvistică. Componenta naturală prevalează de obicei asupra celei artificiale. Este aceasta din urmă de natură pur formală ? Este greu, deocamdată, de răspuns. Probleme similare apar şi în structura eterogenă a limbajului folosit în chimie. Cercetările asupra limbajelor ştiinţifice s-au concentrat mult asupra aspectelor de vocabular şi de notaţie, neglijîndu-se problemele de sintaxă şi de semantică. în ceea ce priveşte modul de articulare a sintaxei componentei naturale cu sintaxa componentei artificiale, nu s-a întreprins încă nici o cercetare sistematică.

Prioritatea limbajului articulat

Limbile naturale, în ciuda aparenţei lor de libertate totală, se supun unor restricţii puternice, dar ascunse. Un exemplu" în acest sens este restricţia pusă în evidenţă de Victor Yngve, care limitează la 7 lungimea oricărei structuri regresive (de

tipul „foarte frumoasă carte") pe care o poate manipula creierul omenesc.

Este interesant faptul că acelaşi număr 7 apare şi în lucrarea *Inteligenţa socială,* prezentată într-o comunicare la Academia R.S.R. (1982), a prof. Mihai Drăgănescu, substratul comun fiind probabil legat de fenomenul psihologic discutat de George A. Miller *(The ma- gical number seven),* în urmă cu vreo 30 de ani. Acţionează o atare restricţie şl în limbajele umane artificiale ? Avem în vedere, fireşte, relaţia acestor limbaje nu cu memoria calculatorului, ci cu aceea a omului. Ar trebui însă mai întîi elucidat în ce măsură se poate vorbi de o relaţie de dependenţă sintactică, pe baza căreia să capete sens structurile regresive (cu dependenţe de la stînga la dreapta) în limbajele artificiale.

S-a emis ipoteza (R. Montague) că nu există nici o deosebire structurală esenţială între limbile naturale şi cele artificiale formale, şi unele şi altele admiţînd modele matematice de acelaşi tip, în sensul că, în măsura în care devin obiect riguros de studiu, limbile naturale sînt de natură formală (titlul unui articol al lui R. Montague este *Engleza ca limbaj jor- mal).* Aceasta ar duce la o competenţă lingvistică incluzînd atît naturalul cît şi artificialul. Spre deosebire de competenţă, care se referă numai la generarea secvenţelor corecte, performanţa lingvistică manipulează multe secvenţe semigramaticale. în acest sens, cum observa prof. Constantin Arseni într-o comunicare la Academia R.S.R. (1982), performanţa poate întrece competenţa.

Faţă de o tipologie atît de bogată a limbajelor, o ierarhie totuşi se impune. Limbajele umane îşi proiectează structura lor asupra modului în care ne reprezentăm limbajele altor vieţuitoare şi 'limbajele

naturii neînsufleţite. Limbajul articulat îşi subordonează toate celelalte limbaje umane, deci, indirect, toate tipurile de limbaje. Această prioritate a limbajului articulat a fost argumentată pe larg în cîteva studii anterioare şi nu vom mai insista asupra ei aici (a se vedea Solomon Marcus, *Linguistics as a pilot science*, „Current Trends in Linguistics", ed. Th. A. Sebeok, voi. 12, Mouton, 1974, p. 2871—2887 ; *Analytique et generatif dans la linguistique algebrique*, „To Honour Roman Jakobson", II, Mouton, The Hague, 1967, p. 1252—1261 ; *Linguistique generative, mo- deles analytiques et linguistique generale*, „Re- vue roumaine de linguistique", voi. 14, 1969, no. 4, p. 313—326). Studiul limbajelor de orice fel preia din cercetarea limbilor naturale un întreg arsenal de intuiţii, idei, concepte, metode şi probleme.

Ceea ce ne propunem însă să arătăm în cele ce urmează este faptul că are loc şi un proces invers, este drept, nu de aceeaşi amploare, dar profund semnificativ ; astfel, limbajele umane artificiale îndeplinesc un rol fundamental în înţelegerea structurii limbilor naturale. Dacă Richard Montague şterge, pur şi simplu, diferenţele importante dintre limbajele naturale şi cele formale (a se vedea articolul său *Universal grammar*, „Theoria", voi. 36, 1970, p. 373—398), considerînd că se poate elabora o sintaxă şi o semantică valabile, în egală măsură, atît pentru limbile naturale cît şi pentru cele artificiale formale, Noam Chomsky, susţinător al aceleiaşi idei, merge pînă acolo încît nici nu mai utilizează expresia „limbă naturală". El se referă exclusiv la limbajele umane drept sisteme semiotice înglobînd atît limbile naturale cît şi cele artificiale (a se vedea Noam Chomsky,

Human language and other semiotic systems, „Semiotica", 1979, no. 1—2). Montague acordă statutul de limbaj formal unor largi porţiuni ale limbii engleze, Chomsky însă este mai puţin radical şi, într-un mod neexplicit, consideră că unele gramatici şi limbaje formale se constituie în modele formale ale limbilor naturale, deci nu reprezintă ele însele porţiuni ale limbilor naturale, ci mediază numai legătura cu acestea din urmă. Şi într-un caz şi în altul, însă, este vorba de folosirea unor limbaje şi gramatici artificiale, de natură formală, cu scopul înţelegerii structurii limbilor naturale.

Metoda modelării limbilor naturale cu ajutorul limbajelor artificiale formale este de dată relativ recentă. Anticipată şi pregătită de lingvistica structurală, de logica matematică şi de cibernetică, ea a căpătat un statut ferm abia în deceniul al şaselea al secolului nostru. Am analizat acest proces în unele lucrări anterioare (Solomon Marcus, *Algebraic linguistics ; Ana- lytical models,* Academic Press, New York, 1967 ; *Introduction mathematique ă la linguistique structurale,* Dunod, Paris, 1967 ; în colaborare, *Introducere in lingvistica matematică,* Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1966).

Artificialul ca mijloc de înţelegere a naturalului

Ceea ce au adus nou ultimele dccenii au fost, pe de o parte, interesul tot mai mare pentru modelarea limbilor naturale prin intermediul unor limbaje artificiale formale cu caracter algoritmic, pe de altă parte, folosirea unor gramatici algoritmice pentru înţelegerea competenţei lingvistice

în ansamblul ei. Au căpătat astfel amploare pe de o parte lingvistica computaţională, pe de altă parte studiul algoritmic al activităţii creierului uman. Despre lingvistica computaţională nu vom discuta aici. Vom observa numai că o simplă răsfoire a revistelor şi cărţilor de specialitate arată că în acest domeniu s-a produs o relativă schimbare de orientare, de la cercetări care se prevalau aproape exclusiv de viteza de calcul a ordinatoarelor moderne spre cele care pun pe primul plan înţelegerea unor procese cognitive.

In ceea ce priveşte modelarea algoritmică a activităţii creierului uman, este nevoie să facem mai întîi o precizare. David H. Hubel şi Torsten N. Wiesel au primit premiul Nobel pentru medicină pe anul 1981 pentru lucrările lor privind mecanismele tratării informaţiei la nivelul sistemului vizual, permiţînd construirea unor noi modele ale creierului, despre care ei ar fi arătat că *nu funcţionează ca un calculator.* Desigur, sensul acestei din urmă aserţiuni pretinde unele clarificări. Dar, independent de aceasta, trebuie să observăm că înţelegerea competenţei lingvistice a creierului prin intermediul unor modele gramaticale s-a dezvoltat pe două căi. Pe de o parte s-a testat în ce măsură creierul însuşi lucrează, în materie de limbaj, ca o gramatică generativă (a se vedea, de exemplu, Judith Greene, *Psycho- linguistics, Chomsky and Psychology,* Penguin Books, Harmondsworth, 1972), pe de altă parte s-a urmărit elaborarea unor sisteme artificiale generative care-'şi propun scopul mai modest al modelării nu a însăşi activităţii creierului, ci numai a *rezultatelor* activităţii acestuia. In acest

sens, credem, trebuie interpretate cercetările privind gramaticile universale şi procesele de învăţare (Solomon Marcus, *Learning, as a generative process,* „Revue roumaine de linguistique — Cahiers de linguistique th6o- rique et appliquee", voi. XVI, 1979, no. 2, p. 117—130) şi, în colaborare cu C. Galude şi Gh. Păun, *The universal grammar as a hypothetical brain,* „Revue roumaine de linguistique", voi. XXIV, 1979, no. 5, p. 479—489). Este deci clar că cea de a doua direcţie pe care o avem în vedere nu este cu nimic afectată de rezultatele lui Hubel şi Wiesel.

Se ştie că problema universaliilor s-a pus încă în filosofia scolastică. „Cearta universaliilor" s-a referit la diferitele modalităţi de interpretare a raporturilor dintre individual şi general, dintre percepţie şi noţiune. Putem spune că această „ceartă" nu s-a încheiat nici astăzi. Triunghiul semiotic al lui Frege şi Peirce, relaţiile semnului cu referentul şi cu sensul său preocupă şi azi pe cercetători. Atunci cînd Aristot afirma că ştiinţa este a generalului nu era încă destul de clar dacă aceasta se întîmplă pentru că ştiinţa *nu-şi propune* mai mult, sau pentru că *nu poate* mai mult. Acum, după cîteva decenii de istorie a gîndirii algoritmice (unii cercetători, ca S. C. Kleene, îi marchează chiar centenarul, asociind apariţia ei de numele unor Kronecker şi De- dekind) ştim că modelele algoritmice, chiar dacă pornesc de la un caz individual, capătă o expansiune la o întreagă clasă. Se poate deci vorbi de o criză a individualului în cadrul gîndirii algoritmice şi al logicii moderne iar unii filosofi, atenţi la aceste evoluţii recente, au sesizat-o şi au discutat-o cu multă fineţe (a se vedea, de exemplu,

scrierile din ultimii ani ale lui Constantin Noica).

Gramaticile artificiale formale au adus o nouă perspectivă în problema universaliilor lingvistice. Dacă iniţial lingviştii se întrebau care sînt trăsăturile comune tuturor limbilor, la nivelul percepţiei lor imediate, ulterior, prin cercetări ca cele întreprinse de Joseph H. Greenberg (*Language universals*, „Current Trends in Linguistics", Theoretical Founda- tions, 3, Mouton, 1966), Roman Jakobson şi Eugenio Coseriu, problema universaliilor lingvistice a fost ridicată la anumite nivele de abstracţie care au permis identificarea unor aspecte mai profunde (de exemplu, rolul opoziţiei dintre categoriile *marcat* şi *nemarcat*, atît în fonologie cît şi în gramatică).

Gramaticile universale

Problema gramaticilor universale apare în mai multe variante. Dacă Chomsky îşi pune problema identificării unor mecanisme generative comune tuturor limbilor naturale iar Mon- tague extinde această întrebare la clasa limbajelor umane, fie ele naturale sau formale, alţi cercetători, provenind din domeniul informaticii şi al logicii matematice văd în gramatica universală un mecanism cu caracter metateore- tic, o metagramatică dispunînd de un parametru care, prin diferite particularizări posibile, furnizează toate gramaticile generative dintr-o anumită clas îi. Unul dintre primele rezultate de acest fel a fost cel obţinut de Ta- kumi Kasai *(A universal context-jree gram- mar,*

Information and Control, voi. 28, 1975, p. 30—34), care a arătat că pentru fiecare alfabet *A* există o gramatică *G* independentă de context care are proprietatea că, fiind dat un limbaj oarecare, L, independent de context, pe alfabetul *A,* se poate găsi o mulţime regulată de control C (adică o mulţime de secvenţe finite de reguli din *G,* mulţime care, pe alfabetul format de regulile din G, este un limbaj regulat) astfel încît gramatica G generează exact limbajul L, de îndată ce singurele secvenţe de reguli admise în procesul de generare sînt cele din C

.Desigur, gramaticile şi limbajele independente de context modelează numai o parte a complexităţii limbilor naturale şi limbajelor de programare. Tocmai din acest motiv, s-a căutat extinderea şi ameliorarea rezultatului lui Kasai. în 1978, Sheila Greibach *(Comments on universal and left universal grammars. Context-sensitive languages and context-jree grammar jorms,* Information and Control, voi. 39, 1978, p. 135—142) a arătat că există o gramatică independentă de context universală (în sensul din teorema lui Kasai) nu numai pentru limbajele independente de context, ci şi pentru clasa mult mai largă a limbajelor recursiv enumerabile, de îndată ce generarea se face cu o mulţime de control adecvată, constituind un limbaj liniar independent de context. Cu alte cuvinte, posibilitatea unei gramatici independente de context, universală pentru clasa limbajelor recursiv enumerabile, este asigurată de extinderea secvenţelor admise de reguli de generare de la o mulţime regulată la

una independentă de context liniară. Preţul pe care Greibach îl plăteşte pentru a obţine o universalitate incomparabil superioară aceleia din rezultatul lui Kasai este minim ; într-adevăr limbajele liniare sînt o extensiune naturală a celor regulate, admiţînd, ca şi acestea din urmă, o caracterizare intrinsecă, pe baza unor relaţii înrudite cu cele de congruenţă. (V. Amar — G. Putzolu, *On a family of linear grammars,* Information and Control, voi. 7, 1964, p. 283— 291 ; *Generalizations of regular events,* Information and Control, voi. 8, 1965, p. 56— 63). In acelaşi timp, G. Rozenberg (A *note on universal grammar,* Information and Control, voi. 34, 1977, p. 172—175) a demonstrat că există o gramatică de tipul zero, universală (în raport cu o mulţime regulată de control) pentru clasa limbajelor recursiv enumerabile.

Toate aceste rezultate arată că posibilitatea de a găsi o gramatică universală cît mai particulară pentru o clasă cît mai largă de limbaje este condiţionată de alegerea unei mulţimi de control mai generale. Dacă vrem o mulţime de control mai particulară, trebuie să alegem o gramatică universală mai generală. în orice caz, atît în rezultatul lui Greibach cît şi în cel al lui Rozenberg, universalitatea se manifestă în raport cu o clasă de limbaje care acoperă toate necesităţile limbajelor umane curente, fie ele naturale, computaţionale, logice sau de altă natură. In acelaşi timp însă, este semnificativ faptul că nu există o gramatică dependentă de context universală pentru clasa limbajelor dependente de context (S. Greibach), cu alte cuvinte la acest nivel nu mai este posibil un rezultat de tipul celui dat de Kasai pentru limbajele independente de context.

Fiecare dintre tipurile de gramatici universale de mai sus poate fi utilizat pentru a se obţine o variantă specifică de modelare a activităţii creierului şi a proceselor de învăţare, după procedeul indicat în lucrarea noastră în colaborare cu C. Calude şi Gh. Păun. Această modelare nu se referă numai la limbaj, ci la orice proces de învăţare. Gramaticile universale dau seama despre modul în care interac- ţionează elementele înnăscute şi cele dobîn- dite prin experienţă. Această interacţiune capătă de fiecare dată o reprezentare nouă.

Limbajele artificiale formale dezvoltă, în raport cu cele naturale, funcţia teoretică explicativă pe care o reclamă un fenomen atît de empiric cum este limba ; ele introduc o abordare raţională a unui fenomen intuitiv.

Distincţia natural-artificial

Este deosebirea dintre limbajele naturale şi cele artificiale numai una de istorie, sau şi una de structură ? Iată întrebarea pe care am tatonat-o în paragrafele anterioare, dar pe care abia acum o considerăm sistematic. Precizăm de la început că nu vom putea tranşa această controversă. Nici o proprietate dintre cele care „candidează" la rangul de trăsătură distinctivă între limbajele în chestiune nu se va dovedi suficient de convingătoare. Poate că o anumită configuraţie a acestor proprietăţi ar putea avea o mai bună şansă de succes. Concluzia la care vom ajunge, mai degrabă o ipoteză, nu este încurajatoare în acest sens. Pe măsură ce avansează pragmatica unui limbaj artificial, structura acestui limbaj se apropie de aceea a lim-

bilor naturale. Va apărea în discuţia noastră şi legătura cu întrebarea nu mai puţin provocatoare : cît de umane pot fi limbajele artificiale ? Considerarea limbajului natural ca reprezentativ pentru limbajul uman este foarte frecventă ; dar este ea şi legitimă ? Ipoteza pe care o avansăm cu privire la întrebarea din titlu este :.limbajele artificiale se „umanizează" pe măsură ce se dezvoltă folosirea lor efectivă.

Limbaj uman — limbaj natural ?

Este legitimă identificarea acestor doi termeni ? înainte de a răspunde la această întrebare, trebuie să constatăm că această identificare s-a produs de nenumărate ori. Vom da aici numai două exemple. R. M. Alberes (L'a- *venture intelectuelle du XX^e siecle. Panorama des litteratures europeennes 1900—1950,* ediţia a IV-a, Albin Michel, 1969) se referă (p. 87) la momentul apariţiei futurismului italian (anun- ţînd dadaismul, expresionismul, apoi suprarea- lismul) ca la un moment de dezumanizare a limbajului, tocmai pentru că Argendo Soffici în Bif & 7f + 18 *(Simultaneităţi — Chimisme lirice)* şi F. T. Marinetti în *Cinci suflete într-o bombă* (1919) scot poezia de sub tutela limbajului natural, cu structurile sale tradiţionale. Un al doilea exemplu, mai edificator, este lucrarea lui George Steiner, *Language and Si- lence* (Atheneum, New York, 1967), unde se susţine (a se vedea, de exemplu, p. 43 a ediţiei franceze a cărţii, publicată în 1969 la Editions du Seuil, Paris) că începînd din secolul al XVII-lea, de cînd a început să se accentueze folosirea unor mijloace lingvistice artificiale, ca formulele matematice, simbolurile logice, formulele relaţiilor chimice şi electronice etc., cunoaşterea

ştiinţifică se înstrăinează de oameni, deoarece îşi rupe punţile de comunicare cu aceştia. în acest sens, este menţionat J. Robert Oppenheimer, care argumentează că imposibilitatea comunicării este la fel de gravă în interiorul ştiinţei ca şi între ştiinţă şi omenire.

Neînţelegera dintre fizician şi matematician a devenit tot mai mare. între biolog şi astronom se aşterne tăcerea. Se dezvoltă limbaje tehnice din ce în ce mai specializate, devine din ce în ce mai greu ca un singur cercetător să cunoască mai multe asemenea limbaje. Oppenheimer merge mai departe, susţinînd că însuşi efortul de a găsi punţi între aceste limbaje este înşelător şi că este imposibil să explici profanului în mod onest ideile matematicii sau ale fizicii moderne. Dar despre ce profan este vorba ? Pe măsura generalizării învă- ţămîntului de cultură generală, tot mai mulţi sînt cei care deprind măcar în partea lor elementară limbajele ştiinţelor fundamentale. Copiii nu învaţă mai greu limbajul matematic decît orice altă limbă străină. Desigur, răraîne mereu un decalaj între ceea ce cunoaşte o elită intelectuală şi ceea ce înţeleg cei mulţi, dar un atare fenomen se manifestă nu numai în domeniul limbajului. Depăşirea dificultăţilor de limbaj este numai o problemă de durată. Ceea ce azi aparţine unei elite, mîine pătrunde în manualele şcolare.

Tabloul schiţat de Steiner şi Oppenheimer este cel al proliferării unor jargoane din ce în ce mai numeroase şi mai specializate, cu o posibilitate tot mai redusă de traducere dintr-un jargon în altul şi, mai ales, dintr-un jargon în limbajul natural. N-ar rămîne oamenilor decît o izolare tot mai accentuată, un ocean tot mai persistent de tăcere.

Inferioritatea şi privilegiul limbajelor artificiale

începînd cu geometria analitică a lui Des- cartes şi apoi cu dezvoltarea, de către Newton şi Leibniz, a calculului diferenţial şi integral, istoria limbajului matematic, a ştiinţei în general, este, după Steiner, istoria unei incomu- nicabilităţi progresive, istoria dezumanizării limbajului. Acceptînd o atare idee, ar trebui să acceptăm şi corolarul ei, după care limbajele calculatoarelor electronice moderne exa- cerbează tendinţele de dezumanizare care- şi fac loc începînd cu secolul al XVII-lea. Limbajele inteligenţei artificiale ar fi deci o expresie supremă a unui lung proces de dezumanizare.

Trebuie- să recunoaştem că ideile de mai sus nu sînt numai ale lui Steiner, ci şi ale multor altor intelectuali. Este însă cazul să ne întrebăm : ce anume determină cît de uman este un limbaj ? Geneza, conţinutul, structura şi finalitatea sa sau gradul său de accesibilitate ? Accesibilitatea este rezultatul. unui proces de învăţare, rezultatul obişnuinţei. Un om lipsit de cultură este convins că limba sa maternă este cea mai simplă din lume. Limbajele artificiale nu pot fi opuse celor naturale în modul radical adoptat de Steiner, aşa cum o proteză nu poate fi opusă organului pe care-l înlocuieşte sau prelungeşte. Termenul de referinţă al oricărui limbaj artificial este limbajul natural. Orice limbaj artifical îşi propune nu să se opună limbii naturale, ci s-o perfecţioneze pe aceasta într-o anumită privinţă. Nu poţi opune bastonul piciorului, nu se poate face o opoziţie între ochelari şi ochi. Bastonul şi piciorul

colaborează la ameliorarea mersului, ochelarii şi ochii realizează împreună ameliorarea vederii. Datorită istoriei lor îndelungate, limbile naturale au acumulat o zestre de cultură pe care nu o pot încă avea limbajele artificiale. In acelaşi timp însă, limbajele artificiale pot fi considerate, într-un anume sens, mai umane decît cele naturale. într-adevăr, o limbă naturală se impune fiecărei generaţii ca o forţă implacabilă. Această limbă manifestă, cel puţin în unele structuri ale ei, o destul de mare inerţie, care poate veni în conflict cu nevoile culturale şi sociale ale noilor generaţii. Omul este în bună măsură dominat de limbajul articulat, de tutela căruia nu se poate elibera niciodată. In schimb, limbajele artificiale sînt elaborate în funcţie de nevoi social-umane şi culturale precise, sînt orientate spre rezolvarea unor probleme importante şi pot fi controlate şi manipulate de oameni într-d măsură mult mai mare decît limbile naturale.

Limbaje pentru comunicarea internaţională

Secole de-a rindul, limbajele artificiale au fost gîndite ca mijloace de comunicare universală, de împlinire a unui deziderat lingvistic ce-şi are originea în vechiul episod al Turnului Babei, căruia vrea să-i dea o replică. Insă primul proiect cu caracter ştiinţific de limbaj artificial aparţine abia lui Rene Descartes care, la 1629, propune crearea unei limbi cu o structură gramaticală atît de simplă încît să poată fi învăţată de oricine. Descartes are în vedere o gramatică bazată exclusiv pe regularitate şi pe logică. Pe linia trasată de Descartes se află şi încercările

ulterioare din secolul al XVlI-lea, ale lui Dalgarno, Urquhart, Wilkins şi Leibniz. Toate aceste sisteme artificiale *a priori* au în vedere nu atît crearea unui limbaj pentru cei mulţi, cît a unui limbaj destinat reflecţiei filosofice.

Un alt tip de soluţie pentru comunicarea internaţională este preconizat, în secolul al XVII-lea, de pedagogul ceh Komensky ; acesta are în vedere nu un limbaj logic, ci limbile naturale existente, folosite selectiv ca limbaje zonale. Faţă de limbajele apriorice ale secolului al XVII-lea, construite pe bază logică şi numerică, în secolul al XVIII-lea şi în prima jumătate a secolului al XlX-lea proliferează limbajele *a posteriori* bazate *nu* pe logică şi numere, ci pe elemente extrase din limbile naturale existente. Aici intră limbajul propus de Faiguet la 1765, în volumul al IX-lea al Enciclopediei lui Diderot şi d'Alembert ca si proiectul de limbă universală al lui DeJormel, de la 1795. La 1866, J. F. Sudre propune un limbaj universal pe bază muzicală, în care toate cuvintele sînt combinaţii de silabe : *do, re, mi, fa, sol, la, si.* însă începînd cu secolul al XlX-lea propunerile de limbaje universale devin atît de numeroase încît nu le mai putem trece în revistă aici, ne- fiind nici foarte relevante pentru scopul pe eare-l urmărim. O buna sursă de informare este Mărio A. Pei, *Artificial languages: International (auxiliary),* în „Current Trends in Linguistics" (ed. Th. A. Sebeok), voi. 12, XX, Mouton, The Hague-Paris, 1974, p. 999—1017.

Replica lui Freudenthal

Pentru limbajele internaţionale alcătuite în mod direct pc baza limbilor naturale existente (prin combinare, modificare,

selecţie etc.), problema naturii distincţiei dintre natural şi. artificial devine oarecum banală. Pe măsură însă ce, recuperîndu-se ideile lui Descartes şi Leib- niz, atenţia unor cercetători este orientată spre limbaje constituite cu precădere pe elemente din afara limbilor naturale, problema devine interesantă. Aceasta se întîmplă în măsura în care scopul urmărit este nu atît obţinerea unui limbaj „bun la toate", cum se cere de obicei în comunicarea internaţională, ci a unui limbaj restrîns la un anumit domeniu de cercetare sau de activitate. Formulele chimice, limbajul Braille şi codurile secrete sînt exemple de al doilea tip.

O critică a limbajelor construite pentru a servi în comunicarea internaţională a fost efectuată de Hans Freudenthal (*Cosmic languages*, în „Current Trends in Linguistics", ed. Th. A. Sebeok, voi. 12, XX, Mouton, The Hague-Paris, 1974, p. 1019—1042), care observă că limbajele de tipul Esperanto şi al celorlalte tipuri bazate pe limbile naturale existente urmăresc satisfacerea dezideratului de regularitate numai la nivelul combinării de morfeme şi de cuvinte, neglijînd o analiză logică mai profundă şi de ansamblu. în general, autorii de propuneri de tipul celor prezentate în paragraful anterior subestimează dependenţa construcţiei lor de limbile naturale cu care **sînt** ei familiarizaţi, nerealizînd, de exemplu, că ei împrumută din aceste limbi şi mijloace de tipul
Conectîvelor, cuantificatorilor sau punctuaţiei. Sînt limbajele de tipul Esperanto, Ido, Vola- piik mai logice decît germana, franceza, rusa, engleza ? Freudenthal crede că, în general, răspunsul este negativ.

Limbajele artificiale specializate

Cel mai vechi limbaj de acest tip pare să fie cel matematic, cu un statut propriu încă din secolul al XVII-lea, iar de atunci mereu amplificat şi perfecţionat. Se ştie că limbajul matematic are o componentă naturală şi una artificială. Prima încercare de formalizare a componentei naturale (adică a părţii care se prevalează de limbajul natural) aparţine lui G. Peano (în a doua jumătate a secolului al XlX-lea), după care au urmat alte încercări de acest fel. însă pînă azi matematicienii, în marea lor majoritate, nu au adoptat nici una dintre propunerile de acest fel. Comunicarea, în matematică, se face în continuare în limbajul semiformalizat, în care limba naturală „echilibrează" partea de simboluri şi formule. Se spune chiar (vezi, de exemplu, Paul R. Halmos) că un text matematic normal conţine în medie 50% formule şi 50% cuvinte. Propuneri ca aceea făcută de Peano reţin atenţia celor care se ocupă de logică matematică şi fundamentele matematicii. Freudenthal crede că chestiunea formalizării limbajului matematic a fost serios discreditată de intervenţia lui G. Frege, care a creat un formalism restrictiv, viciat de ideile sale greşite privind fundamentele matematicii. Prin argumente precare, Frege respinge metoda axiomatică, metodă care între timp s-a extins în întreaga matematică şi chiar dincolo de ea.

O etapă nouă în formalizarea limbajului matematic este atinsă în *Principia Mathematica* a lui B. Russell şi A. N. Whitehead, la începutul secolului nostru, iar punctul culminant se află în cercetările lui Hilbert privind formalizarea ideii de demonstraţie matematică (în deceniile al doilea şi al treilea ale secolului nostru),

însă B. Russell şi D. Hilbert urmăresc nu crearea unui limbaj de comunicare între matematicieni, ci aprofundarea unor chestiuni privind fundamentele matematicii. Limbajul matematic cunoaşte, din păcate, destul de frecvent o artificializare exagerată, dincolo de ceea ce este impus de necesităţi. Freudenthal observă ironic utilizarea simbolurilor logice ca substitute pentru „orice" şi „există", în timp ce sintaxa care le înconjoară rămîne aceea a unui limbaj vernacular. Dar nu vom insista aici asupra acestui fenomen, care îşi are partea lui în criza de accesibilitate pe care o parcurge învăţămîntul matematic în întreaga lume.

în ultimele decenii se dezvoltă vertiginos şi alte limbaje artificiale, detaşîndu-se ca importanţă limbajele algoritmice. O trăsătură comună a acestor limbaje (ca şi a mai tuturor limbajelor ştiinţifice, începînd cu limbajul matematic) este faptul că ipostaza lor principală (uneori unica) este cea scrisă, nu cea vorbită (ca în cazul limbilor naturale). Am studiat în altă parte (Solomon Marcus, *Semiotics of Scientijic Languages,* în „A Semiotic Land- scape", Proceedings of the First Congress of the International Association for Semiotic Studies, Milano, June 1974 (eds. S. Chatman, U. Eco, J. M. Klinkenberg), Mouton, The Hague- Paris, 1979, p. 29—40) tendinţele actuale ale limbajelor ştiinţifice şi nu voi mai insista aici.

Universaliile lingvistice

Umanul a fost definit încă din antichitate cu ajutorul universaliilor lingvistice. De aici, ideea naturală de a se asimila umanul lingvistic cu aceste universalii. O întreagă tradiţie a acreditat concepţia după care

universaliile lingvistice rezultă din ceea ce constituie numitorul comun al limbilor naturale. Este deci legitimă, cel puţin ca o ipoteză strategică în discuţia care urmează, asimilarea umanului lingvistic cu tot ceea ce este inevitabil în limbile naturale, în limbajul articulat.

Vom discuta în continuare unele aspecte care sînt de obicei asociate cu limbile naturale.

Statutul secvenţelor corcct formate

In limbile naturale, acest statut nu are un caracter riguros. Nu se cunoaşte o condiţie necesară şi suficientă ca un şir finit de cuvinte (sau de morfeme) ale limbii române să fie considerat gramatical corect. Situaţia este aceeaşi în orice altă limbă naturală suficient de evoluată. S-a crezut un timp că limbajele artificiale sînt lipsite de acest neajuns. Unele, într-adevăr, sînt. Limbajul calculului prepoziţional cu un număr finit de variabile este un exemplu tipic în această privinţă (un exerciţiu simplu arată că acest limbaj este independent de context în sensul lui Chomsky). Alta însă este situaţia în limbajele de programare suficient de complexe, de evoluate. Am discutat această chestiune în articolul nostru semnalat mai sus, iar ulterior s-au adus şi alte probe în acest sens (a se vedea, de exemplu, Cristian Calude, *Quelques arguments pour le caractere non-formel des langages de* pro- *grammation*, „Cahiers de Linguistique Th£o- rique et Appliquee", voi. 13, 1976, p. 257—264). Substratul acestei situaţii constă în absenţa unui statut riguros al conceptului de program de calculator. Nu se cunoaşte o condiţie necesară şi suficientă ca o

secvenţă de instrucţiuni să constituie un program de calculator.

Infinitatea

Este vorba nu de o infinitate actualizată, ci de una potenţială. Infinitatea limbilor naturale poate fi pusă în evidenţă în foarte multe feluri. Să considerăm, de exemplu, construcţiile prin coordonare. Dacă *A* şi *B* sînt secvenţe corect formate, atunci secvenţa *A şi B* este de asemenea corect formată. însă construcţia de acest tip poate fi iterată indefinit. O situaţie similară apare şi în cazul altor construcţii, cum ar fi cele de tipul *Dacă... atunci...* sau cele prin care inserăm noi construcţii relative în cadrul unora existente. Nu este însă greu de văzut că infinitatea potenţială apare şi în unele limbaje de programare mai evoluate. într-adevăr, cel puţin unelt dintre tipurile de construcţii cu caracter iterativ, semnalate mai sus, apar şi în unele limbaje de programare. Caracterul recursiv al unor construcţii care intervin în limbajele de programare este atît de puternic, încît simularea acestor recursivităţi comportă folosirea unor gramatici generative de tipuri variate. Dacă la început s-a crezut că limbajele de programare sînt independente de context, ulterior s-a constatat că unele recursivităţi din aceste limbaje nu pot fi generate decît cu gramatici dependente de context. Există deci o întreagă tipologie a infinităţii potenţiale a limbajelor de programare, întocmai cum există o atare tipologie pentru limbile naturale.

Decalajul dintre competenţă şi performanţă

Limbile naturale nu pot fi concepute în afara acestui decalaj, în sensul că, în orice astfel de limbă, la fiecare moment al dezvoltării ei competenţa lingvistică este superioară performanţei. Aici intervine distincţia dintre ceea ce este înnăscut şi ceea ce este dobîndit, între ceea ce aparţine speciei umane şi ceea ce aparţine individului, între intern şi extern, între reflexiv (teoretic) şi empiric. Experienţa umană este totdeauna finită, extrapolarea infinită nu poate fi operată fără intervenţia mecanismelor înnăscute ale creierului. Experienţa este dată de interacţiunile dintre stimu'i şi răspunsuri, teoreticul poate fi modelat prin diferite mecanisme generative caracterizate prin *reguli.* Apare astfel o legătură organică între trăsătura pe care o analizăm aici şi infinitatea discutată în paragraful anterior. Competenţa este definită de ansamblul regulilor care definesc mecanismele generative ale creierului, în timp ce performanţa este determinată de ansamblul de restricţii contingente, de loc, timp, capacităţi fizice, fiziologice şi psihice etc. Nu putem actualiza decît o parte din vir- tualităţile noastre. Insă acest decalaj în favoarea competenţei apare, sub aspect lingvistic, în orice limbaj uman suficient de complex, cu o pragmatică suficient de dezvoltată, în momentul apariţiei ALGOL-ului, sintaxa sa era considerată independentă de context. Ulterior au fost puse în evidenţă recursivităţi neindependente de context. în vederea modelării matematice a acestor recursivităţi, au fost introduse diferite clase de gramatici care rafinează ierarhia lui Chomsky. Tot ceea ce este legat de

programarea la un calculator cu anumite proprietăţi fizice ţine de performanţă ; competenţa are în vedere nivelul programelor posibile într-un anumit limbaj, independent de proprietăţile calculatorului sau meritele programatorului.

Semantică aditivă sau integrativă ?

Paul L. G ar vin (*What is Linguistics ?* Report, Buffalo, State University of New York, 1971) susţine că semantica limbajelor artificiale este aditivă, în sensul că semnificaţia unei secvenţe se obţine prin compunerea semnificaţiilor termenilor. Prin contrast, semantica limbilor naturale este integrativă, semnificaţia întregului nefiind rezultatul simplei adiţiuni a semnificaţiilor părţilor. într-adevăr, limbile naturale abundă în expresii idiomatice, care sfidează semantica aditivă. însă expresii idiofflatice apar frecvent şi în componenta artificială a limbajului matematic, după cum am arătat în articolul menţionat mai sus. Acelaşi fenomen are loc şi în limbajele de programare evoluate, unde semnificaţia unei instrucţiuni nu se reduce totdeauna la suma semnificaţiilor elementelor componente, iar sensul unui program se poate deosebi de suma sensurilor instrucţiunilor oare-l compun (C. Calude, Ioc. cit.). Prezenţa inevitabilă a expresiilor idiomatice are drept una din cauze compromisul care trebuie realizat între provenienţa şi semnificaţia unei expresii. Astfel, simbolul integralei de la *a* la b a funcţiei / este ales pentru a aminti de provenienţa ei dintr-o sumă finită avînd ca termeni produse dintre valori ale lui ***f*** şi

lungimi ale unor intervale. Un alt rost al expresiilor idiomatice este realizarea unui echilibru între aspectul atomistic-analitic şi cel integrativ-ho- listic, necesar în orice limbaj uman. Un limbaj care-şi fărâmiţează prea mult semnificaţiile devine neintuitiv şi pierde din funcţia lui euristică.

Utilizări dincolo de finalitatea fixată iniţial

Autori ca H. Freudenthal au considerat că limbajele artificiale au o destinaţie specializată, în funcţie de care au fost ele elaborate (în contrast cu limbile naturale, care vizează o utilizare universală). Se ştie însă că limbajele de programare, construite în vederea comunicării om-calculator, s-au dovedit importante în studiul unor probleme de logică matematică şi de semantică a limbilor naturale. în acelaşi timp, limbile naturale, în ciuda ambiţiei lor de a face faţă oricăror necesităţi, s-au dovedit incapabile de a face faţă exigenţelor de rigoare ale ştiinţei moderne, trebuind de aceea să fie suplimentate cu diferite limbaje artificiale, mai mult sau mai puţin formalizate.

Prezenţa fenomenelor de ambiguitate

Este răspîndită impresia că ambiguitatea este totdeauna nocivă şi că ea nu are cum să apară în limbajele artificiale, deoarece acestea sînt construite de oameni cu un scop precis, care include totdeauna şi evitarea ambiguităţii. Situaţia aminteşte de aceea existentă în matematică în primele decenii ale secolului nostru, cînd

începuseră să apară teoreme afirmînd proprietăţi aparent restrictive ale funcţiilor reale arbitrare de o variabilă reală. Unii matematicieni credeau că aceste teoreme sînt false deoarece, fiind dată o proprietate, putem totdeauna găsi o funcţie care o încalcă. Nu se ţinea seama că o aplicaţie, chiar arbitrară, a lui *R* în *R* se supune structurii dreptei reale şi exprimă, cel puţin indirect, această structură. La fel se întîmplă şi cu limbajele artificiale. Ele se supun restricţiilor generale ale competenţei umane în domeniul lingvistic. Nu cumva una dintre aceste restricţii este prezenţa inevitabilă a unor ambiguităţi ? Nu ştim încă să răspundem la această întrebare, dar cîteva exemple sînt edificatoare. Dacă în limbajul genetic (ereditatea nu este un fenomen artificial, dar modelul ei matematic este) omonimia se rezolvă pe o bază contextuală (S. Mar- ous, *Linguistic structures and generative de- vices in molecular genetics,* „Cahiers de lin- guistique theorique et appliquee", 11/1974, 2, p. 77—104), ambiguitatea limbajelor de programare pare inerentă la un anumit nivel şi de o complexitate ridicată. Se ştie de altfel că ambiguitatea nu poate fi evitată nici în unele clase de gramatici generative. în ceea ce priveşte însă ambiguitatea contextuală de tipul aceleia care conduce la sincretismul unor categorii morfologice sau sintactice, s-a putut demonstra (C. Calude, G. Păun, *The absence of contextual ambiguities in the programming languages FORTRAN and ASSIRIS,* p. 57—76 ; N. Dima, *The absence of contextual ambiguities in ihe programming language PASCAL,* p. 77—90, în S. Marcus, ed., *Contextual ambiguities in natural & artificial languages,* voi. 2, Communication &

Cognition, Ghent, Belgium (1983)) că, la o alegere rezonabilă a nivelelor de gramaticalitate, limbajele FORTRAN, ASSIRIS şi PASCAL sînt lipsite de ambiguităţi. Să observăm însă că nu aceeaşi este situaţia omonimiei lexicale.

Problema ambiguităţii este însă mult mai complexă. După cum rezultă dintr-o sistematizare aparţinînd lui Joseph H. Greenberg *(Language Universals,* în „Current Trends in Linguistics" (ed. Th. A. Sebeok), voi. 3, Mou- ton, The Hague, 1966, p. 61—112), forma generală a universaliilor lingvistice este aceea a unei opoziţii dintre o categorie marcată şi alta nemarcată, adică dintre prezenţa şi absenţa unei anumite trăsături. De exemplu, în engleză, între *man* cu semnificaţia de bărbat şi *man* cu semnificaţia de fiinţă umană apare distincţia dintre prezenţa şi absenţa categoriei masculinului. Putem analiza în mod asemănător opoziţia dintre *woman* şi *man* în engleză, dintre *autoare* şi *autor* în română. Peste tot avem a face cu fenomene de sincretism care constituie cadrul inevitabil al ambiguităţii. In aceste condiţii, este puţin plauzibil ca limbajele artificiale, ca limbaje construite de oameni, să poată eluda ambiguitatea atunci cînd gradul lor de complexitate este suficient de ridicat.

Dubla articulare

Distincţia articulat-nearticulat este aceea dintre combinator şi necombinator. Sistemul de culori folosit în circulaţia rutieră este ne- combinator, deci nearticulat, deoarece semnificaţia unei culori nu depinde de culorile apărute anterior sau ulterior ei. Nu există aici combinaţii de culori, ci numai culori

izolate. Un exemplu de sistem semiotic cu o singură articulare este cel al reprezentării numerelor. Nimeni nu va confunda pe 13 cu 31, semnificaţia unei cifre depinde de combinaţia (contextul) în care ea apare. Faţă de reprezentarea zecimală a numerelor, ce aduce în plus limbajul ? Faptul că nu avem o singură articulare, ci două. O secvenţă de forma *cal frumos* este analizabilă în morfeme *(cal* şi *frumos),* adică în unităţi minimale dotate cu sens (lexical sau gramatical), iar morfemele astfel obţinute sînt la rîndul lor analizabile în foneme, care nu-s, în general, dotate cu semnificaţie lexicală sau gramaticală, dar care se pot combina sintagmatic. Această dublă articulare a limbilor naturale este totdeauna asociată cu o discrepanţă între numărul de foneme (care este totdeauna cuprins între 10 şi 100) şi numărul de morfeme (cuprins de obicei între 1 000 şi 10 000). Avantajul dublei articulări constă în faptul că, pornindu-se de la un număr relativ mic de semne, se obţine, pe baza unei capacităţi combinatorii foarte mari, un foarte mare număr de semnificaţii.

Andre Martinet susţine că dubla articulare este specifică limbilor naturale (a se vedea, de exemplu, *Le langage,* sous la direction d'Andre Martinet, Editions Gallimard, Paris, 1968, p. 31—33). Am argumentat în articolul amintit mai sus, asupra limbajului genetic, existenţa ■unei duble articulări în acest limbaj, rolul morfemelor fiind preluat de codoni, iar cel al fonemelor de nucleotizi. Prezenţa dublei articulări în unele limbaje artificiale rămîne însă să fie discutată în funcţie de ce anume este considerat esenţial în fenomenul dublei articulări. Dacă reţinem din dubla articulare în primul rînd faptul

că un număr relativ mic de elemente fără semnificaţie furnizează, prin combinare sintagmatică, un număr foarte mare de elemente dotate cu semnificaţie, atunci este greu să refuzăm tuturor limbajelor artificiale privilegiul dublei articulări. Fiind vorba de un fenomen cu precădere combinator, este plauzibil să intervină aici restricţiile generale relative la capacităţile umane de prelucrare a informaţiei, restricţii la care ar urma să se supună orice limbaj creat de om.

Prezenţa unei retorici

Este vorba de figurile retorice (de tip metaforic sau metonimic) şi de structurile prozodice. Am argumentat pe larg într-o serie de lucrări dedicate limbajului ştiinţific (de exemplu, în *The metaphors and the metonymies of the scientific language,* „Revue Roumaine de Linguistique", voi. 20, 1975, nr. 5, p. 535—537) că procesele de generalizare şi abstractizare, esenţiale în gîndirea ştiinţifică, sînt generatoare de figuri metaforice, iar deducţia şi, în general, organizarea în etape riguros ordonate, conduc la figuri metonimice. Funcţia euristică a limbajului ştiinţific stimulează folosirea figurilor. In ceea ce priveşte structurile prozodice, vom menţiona cercetarea lui Ladislav Nebesky *(One of the relations between poetic and formalized language,* „Poetics", voi. 10, 1974, p. 27—30), care a pus în evidenţă, în structura calculului propoziţional implicativ al lui Church, prezenţa unor fenomene despre care argumentează că au statutul unor veritabile *structuri ritmice.*

Tendinţa spre poeticitat

eLimbile naturale manifestă evident această tendinţă, independent de modul în care concepem poeticitatea. Insă poeticitatea a reprezentat, după o ipoteză foarte plauzibilă, şi starea iniţială a oricărei limbi naturale, ceea ce este greu de admis (dar, de fapt, această problemă nu a fost încă deloc discutată) în ceea ce priveşte limbajele artificiale. Este un limbaj artificial, în momentul creării sale (deci cînd nu a devenit încă o rutină) o stare poetică ? A fost ALGOL-ul, în 1960, în această situaţie ? Vom lăsa fără răspuns aceste întrebări, legate oarecum de poeticitatea inerentă a ştiinţei, în sensul în care ea a fost discutată în cartea lui Ion Ianoşi (*Nonarta artă,* 2 volume, Editura Cartea Românească, 1982 şi 1985). Să observăm că sursele de poeticitate *a posteriori* ale limbajelor artificiale sînt numeroase ; vom menţiona aici două dintre ele : conotaţia şi, mai ales, orientarea asupra mesajului (orientare care, după Roman Jakobson, defineşte funcţia poetică a limbajului). S-a crezut (am afirmat şi noi acest lucru în *Poetica matematică,* Editura Academiei R.S.R., 1970) că din limbajul matematic este exclusă conotaţia. însă expresiile idiomatice ale unor notaţii matematice cu greu pot fi distinse de conotaţii (a se vedea notaţia integralei de la *a* la b a lui *j).* O expresie ca *subşir,* datorită analogiei ei cu *submulţime,* conotează inevitabil un statut ansamblist al subşirului, în contrast cu statutul neansamblist, de funcţie, pe care-l are orice şir (deci şi orice subşir) în virtutea denotaţiei sale. Chestiunea rămîne însă să fie discutată şi aprofundată. Mai lipsită de echivoc pare tendinţa de orientare asupra mesajului. De la naşterea algebrei şi pe măsură ce a proliferat folosirea unor

semne disponibile unor particularizări dintre cele mai variate, a variabilelor libere şi legate, a unor formule şi relaţii deschise unei multiplicităţi de interpretări, limbajul matematic funcţionează tot mai mult atît în ipostaza sa de geam transparent cît şi în aceea de geam translucid sau mat. Nu este aceasta orientarea asupra mesajului ?

Posibilitatea ailtoreterinţei

Paul L. Garvin consideră că limbile naturale sînt singurele în care putem vorbi despre limbă fără a ieşi din ea. *Româna este continuatoarea latinei...,* iată o afirmaţie (aparţinînd acad. Al. Rosetti) *în* limba română, *despre* limba română. Această posibilitate a autoreferinţei este posibilă într-un limbaj artificial ? Pe mai multe căi a venit la această întrebare un răspuns afirmativ. Putem invoca aici nume ca cele ale lui Kurt Godel şi R. Smullyan (nume pe care le-am invocat în această privinţă şi cu alte ocazii, de exemplu în *Paradoxul,* Editura Albatros, 1984), dar ne vom referi explicit la Hans Freudenthal *(loc. cit.),* care, în construcţia limbajului său cosmic, procedează de aşa natură încît metalimbajul necesar diferitelor explicaţii să fie chiar limbajul-obiect pe care-l construieşte.

Imposibilitatea învăţării limbajului înainte de utilizarea sa

S-a crezut că această situaţie este specifică limbilor naturale. Insă dependenţa de pragmatică este severă şi în alte cazuri. Toţi infor- maticienii sînt de acord că nu este posibilă învăţarea efectivă a unui limbaj de programare fără a-l practica. De fapt, în aceeaşi situaţie se

află şi limbajul matematic. Contrar celor afirmate de mulţi autori, în aceste limbaje apar multe fenomene dependente de context, care nu pot nici pe departe să fie epuizate prin definiţii descriptive. *Numărul zero* este un exemplu tipic în acest sens, în matematica elementară.

Nu am epuizat fenomenele care candidează **la** discriminarea natural-artificial în domeniul limbajelor. S-a cristalizat însă ideea că artificialul, chîar cînd este formalizat, manifestă o tendinţă puternică de apropiere de natural.

Limbajul ştiinţei şi judecata publicului

Este limbajul o barieră importantă în apropierea ştiinţei de public ? L. J. Paige (*Public understanding of science and its implication for mathematics,* „American Mathematical Monthly", voi. 78, 1971, no. 2, p. 130—142) dă la această întrebare un răspuns afirmativ. Datorită şi acestui fapt, chiar pentru specialişti, graniţa dintre cercetarea fundamentală şi cea aplicativă, dintre ştiinţă şi tehnologie este uneori neclară şi, cu atît mai mult, este ea neclară pentru marele public. La această constatare a lui Paige vom adăuga o observaţie care vizează un strat mult mai profund şi o situaţie mult mai gravă. O mare parte a publicului nu are o reprezentare corectă, fie ea şi aproximativă, a obiectului şi rostului ştiinţei, a naturii şi istoriei ei. Se întîmplă deseori ca matematicienii să fie întrebaţi de către profani dacă a mai rămas ceva de descoperit în matematică. Neînţelegeri de acest fel au o asemenea amploare încît ele contaminează, inevitabil, şi mentalitatea unor factori de

decizie în domeniul ştiinţei. Paige constată cu amărăciune că după decenii de creştere spectaculoasă a suportului federal pentru cercetarea ştiinţifică, atît fundamentală cît şi aplicativă, finanţarea cercetării este pusă sub semnul întrebării de diferite straturi ale societăţii americane.

Să revenim însă la limbaj. El este pus în chestiune cu o deosebită duritate de George Steiner (*Language and Silence,* Atheneum, New York, 1967 ; versiune franceză la Editions du Seuil, 1969), care rezumă istoria relaţiei cultură-limbaj în felul următor. Pînă în secolul al XVII-lea, sfera limbajului îngloba experienţa şi realitatea în cvasitotalitatea lor. A urmat apoi un proces de restrîngere treptată a acţiunii limbajului. O serie întreagă de forme de gîndire şi sensibilitate s-au depărtat de limbaj. Desigur, Steiner înţelege prin *limbaj* limbajul articulat, în manifestările sale naturale, de la engleză la rusă şi de la franceză la germană. Zone întinse ale cunoaşterii şi ale practicii au intrat tot mai mult în raza de acţiune a unor sisteme lingvistice artificiale, ca cele promovate de matematică, de logica simbolică şi de formulele relaţiilor chimice sau electronice. Steiner făcea această constatare cu aproape 20 de ani în urmă, dar între timp situaţia „s-a agravat", deoarece au proliferat limbajele inteligenţei artificiale, printre care limbajele de programare la calculator sînt, probabil, cele mai cunoscute. Ne imaginăm cît de mare trebuie să fie acum scandalizarea lui Steiner, cînd constată că aceste limbaje artificiale, neverbale, iau amploare şi se impun tot mai mult în jocurile copiilor, în programele de

învăţămînt şi în educaţia adolescenţilor de pretutindeni.

Problema este deosebit de importantă deoarece o atitudine ca aceea a lui Steiner riscă să creeze un conflict între dezvoltarea ştiinţei şi tehnologiei, pe de o parte, şi dezvoltarea culturii umaniste, pe de altă parte. Faţă de opoziţia teoretizată de Blaise Pascal, între spiritul geometric şi spiritul de fineţe, unde concilierea şi complementaritatea celor două viziuni erau evidente, şi faţă de „cele două culturi" teoretizate de C. P. Snow, atitudinea lui Steiner este incomparabil mai radicală. întreaga istorie a ştiinţei moderne este văzută de acesta ca un proces de înstrăinare faţă de om şi de restrîngere a audienţei faţă de public.

Steiner încearcă să aducă în sprijinul său punctul de vedere al unor mari oameni de ştiinţă ca J. Robert Oppenheimer, care a arătat că chiar în interiorul ştiinţei a apărut o criză a procesului de comunicare, fizicianul şi matematicianul înţelegîndu-se între ei tot mai puţin, ca şi biologul şi astronomul. Şi aici, lucrurile „s-au agravat" faţă de situaţia din urmă cu 20 de ani. Este foarte uşor azi să găseşti matematicieni care nu-şi pot relata unul altuia decît foarte vag ceea ce ei cercetează.

In toate aceste observaţii se amestecă mai multe probleme, foarte diferite ca statut şi din punctul de vedere al modului de a le elucida. Să ne referim mai întîi la opoziţia pe care Steiner o introduce între limbajul natural, pe de o parte, şi limbajele artificiale ale ştiinţH, pe de altă parte. S-a demonstrat de mai multe ori şi în mai multe feluri că toate limbajele artificiale create de ştiinţă sînt simple proteze ale limbajului natural, că ele sînt structurate după modelul acestuia din urmă. Am

observat şi cu alte prilejuri că limbajul natural este termenul fundamental de referinţă în structurarea formulelor matematice sau chimice, a limbajelor de programare la calculator şi a sistemelor de simboluri ale calculului prepoziţional sau ale calculului cu predicate din logica matematică, tot aşa cum spaţiul euclidian este termenul fundamental de referinţă în studiul diverselor spaţii abstracte imaginate în matematică sau în fizică, în biologie sau ştiinţele umane. Este oare o întâmplare faptul că toate limbajele artificiale mai importante, ca cele enumerate mai sus, au putut fi studiate, din punctul de vedere al structurii morfologice, sintactice şi semantice, cu ajutorul acelor metode şi concepte care s-au dezvoltat în prealabil în studiul limbilor naturale ? Cum se explică faptul că arsenalul de idei ale lingvisticii structurale, de la Ferdinand de Saussure şi Louis Hjelmslev la Roman Jakobson şi Andre Martinet, s-a dovedit atît de adecvat în studiul unor sisteme de semne complet diferite de limbajul natural (de exemplu, folosirea în antropologie, de către Claude L£vi-Strauss, a ideilor lingvistice ale lui Roman Jakobson) ? De ce teoria gramaticilor generative, elaborată
Iniţial de către Noam Chomsky în legătură exclusivă cu studiul limbilor naturale, s-a dovedit ulterior a fi instrumentul cel mai adecvat pentru cercetarea structurii sintactice şi semantice a limbajelor de programare la calculator, de la ALGOL la FORTRAN etc. ?

Toate aceste fapte sînt numai cîteva dintre cele care atestă că nici o opoziţie radicală nu poate fi introdusă între limbajul natural şi limbajele ştiinţei. Diferenţe serioase există, dar unele dintre ele privesc nu atît natura acestor limbaje

cît istoria lor ; ele sînt deopotrivă de ordinul umanului şi poate chiar, într-un anume sens, artificialul este mai uman decît naturalul, cum am avut prilejul să observăm. Limbajele ştiinţei nu se pot lipsi de componenta lor naturală.

Intre Hjelmslev şi Godel

Intr-un cuvînt înainte la dicţionarul lor de semiotică şi de teoria limbajului, A. J. Greimas şi J. Courtes (*Semiotique. Dictionnaire raisonne de la theorie du langage,* Classiques Hachette, Paris, 1979, p. 6) scriu : „Dorinţa noastră este, într-adevăr, acest dicţionar să fie locul de înregistrare a progreselor semioticii, iar inventarul provizoriu al conceptelor pe care le prezintă să fie considerat deschis unor formulări noi, mai reuşite". în spiritul acestei invitaţii pe care autorii o adresează cititorilor, vom discuta în cele ce urmează modul în care dicţionarul menţionat prezintă unele concepte la care legătura şi eventual discrepanţa dintre aspectele lingvistico-semiotice şi cele logico-sistemice sînt importante, dar din păcate eludate. Problema prezintă deci o semnificaţie mai largă, referindu-se la o chestiune fundamentală a teoriei lingvistice.

Să ne referim mai întîi la articolele consacrate termenilor *coerenţă* şi *simplitate,* raportaţi, cum era de aşteptat, la exigenţele hjelms- leviene privind coerenţa, exhaustivitatea şi simplitatea drept criterii de ştiinţificitate a unei descrieri şi a unei teorii. Lipseşte aici conexiunea cu teorema din 1931 a lui Kurt Go- del, care afirmă în esenţă că nici un sistem formal suficient de complex nu poate fi în acelaşi timp

necontradictoriu şi complet. Tradus în limbaj hjelmslevian, acest rezultat afirmă imposibilitatea unei descrieri formalizate de a fi în acelaşi timp coerentă şi exhaustivă. O prezentare destul de accesibilă a acestei teoreme a lui Godel poate fi găsită în cartea de logică matematică a lui S. C. Kleene (Ma-*thematical Logic,* John Wiley, New York, 1967). Este foarte probabil că Hjelmslev nu cunoştea rezultatul lui Godel. Faptul este normal. Chiar în lumea matematicienilor şi logicienilor a fost nevoie de câteva decenii pentru a se înţelege şi a se asimila această teoremă, care ne obligă la o schimbare radicală a obişnuinţelor noastre de gîndire. Intre timp însă rezultatul s-a clasicizat şi a devenit foarte popular, după cum se poate vedea din cartea lui D. R. Hofstadter *(Godel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid,* Basic Books, New York, 1979). Nu-l mai putem deci ignora

.Aşadar, cele trei exigenţe hjelmsleviene sînt incompatibile. O intuiţie a acestei situaţii apare însă chiar la Hjelmslev, care observă (a se vedea citatul din articolul despre *exhaustivite* din Dicţionarul Greimas-Courtes) că „dacă exigenţa de exhaustivitate trece înaintea celei de simplitate, ea trebuie să cedeze primul loc exigenţei de necontradicţie (sau coerenţă)". Această grijă de a propune o ierarhie sugerează compromisul la care trebuie să recurgem în condiţiile de imposibilitate a realizării simultane a celor trei exigenţe. în baza acestui compromis, ordinea descrescîndă de importanţă a exigenţelor este : coerenţă, exhaustivitate, simplitate. Dacă ţinem seamă de importanţa pe care Hjelmslev o acorda

formalizării, putem, fără riscul de a greşi, să asimilăm teoria lingvistică unui sistem formal (sau cu o mulţime de astfel de sistefne). Joncţiunea cu teorema lui Godel este astfel realizată.

Urmarea celor de mai sus este faptul că unei descrieri lingvistice formalizate îi rămîne să aleagă între următoarele două variante optime: să fie coerentă şi simplă sau să fie exhaustivă şi simplă. însă în contrast cu exhaustivitatea şi coerenţa, care pot fi riguros precizate prin intermediul proprietăţilor de completitudine şi necontradicţie ale unui sistem formal, simplitatea prezintă diferite grade ; aceste grade pot fi şi ele precizate în diferite teorii ale complexităţii unui sistem formal.

Acest mod de a pune problema formalizării în lingvistică are avantajul (pe care unii autori îl consideră un dezavantaj) de a permite existenţa paradoxurilor. Din acest motiv, poate fi mai titil uneori să se sacrifice necontradicţia, pentru a permite unei descrieri lingvistice formalizate a realiza simultan exhaustivitatea, existenţa paradoxurilor şi o relativă simplitate. Pentru Hjelmslev, dimpotrivă, grija principală era evitarea paradoxurilor (aşa cum rezultă din prioritatea pe care o acorda dezideratului ne- contradicţiei). într-adevăr, paradoxul se defineşte prin negarea principiului aristotelic al necontradicţiei. După un rezultat al lui Y. Bar- Hillel *(Do Natural Languages Contain Para- doxes?* Studium Generale, voi. 19, 1966, p. 391—397), limbile naturale nu conţin paradoxuri, dar preţul pe care ele îl plătesc pentru aceasta este inexistenţa unei proceduri algoritmice de a decide, pentru fiecare enunţ, dacă el

este sau nu susceptibil de valori de adevăr.

O discuţie a acestui rezultat se află la Ema- nuel Vasiliu *(Paradoxes and logical types in natural languages,* „Cahiers de Linguistique Theorique et Appliquee", 7, 1970, p. 43—54) şi la Solomon Marcus *(Paradoxes,* „Revue Roumaine de Linguistique", voi. 27, 1982, p. 157—163). însă aserţiunile lui Hjelmslev şi Bar-Hillel nu au acelaşi obiect. Hjelmslev are în vedere teoria lingvistică, în timp ce Bar-Hillel are în vedere limba însăşi. Mai e o deosebire, ceva mai ascunsă. Cuvintele *paradox* şi *antinomie* sînt utilizate de cele mai multe ori ca si cum ar fi sinonime ; această confuzie apare pînă şi la un autor important cum este Kleene *(op. cit.).* Urmînd o idee a lui Roland Posner *(Semiotic paradoxes in the use of language,* în „Zeichenprozesse: Semiotische Forschung in den Einzelwissenschaften", eds. R. Posner, H. P. Runecke, Athenaion, Wiesbaden, 1977, p. 109—128), antinomia este un caz particular de paradox, în care enunţurile *A* şi *non A* se implică reciproc. Paradoxurile pe care Bar- Hillel le identifică în limbile naturale sînt de tipul paradoxului mincinosului, deci revin la antinomie. Dimpotrivă, paradoxurile evitate de Hjelmslev nu sînt obligatoriu antinomii. După cum am arătat (*Paradoxul*, Editura Albatros, 1984), există un caz intermediar important, semiantinomia.

Criteriile de ştiinţificitate propuse de Hjelmslev sînt deci irealizabile în totalitate. Această situaţie curioasă, în care mai multe condiţii, dintre.care fiecare luată separat pare rezonabilă, devin incompatibile cînd sînt considerate împreună, este frecventă în ştiinţă. Un

exemplu devenit celebru este teorema lui Arrow privind imposibilitatea unei agregări rezonabile a mai multor opţiuni individuale într-o opţiune colectivă (K. L. Arrow, *Social Choice and Individual Valucs,* Wilcy, New York, 1963).

Provocarea limbajelor dc programare

„Proiectele privind programarea în limba naturală sînt, prin însăşi natura lor, destinate eşecului". Iată o declaraţie a unuia dintre cei mai importanţi autori din domeniul informaticii teoretice, Edsger W. Dijkstra (*How do we tell tmths that might hurt ?* „ACM Sigplan
Notices", voi. 17, 1982, no. 5, p. 13—15). Declaraţia este de natură să şocheze, deoarece ea apare într-un moment în care preocupările privind dialogul în limba naturală cu calculatorul electronic devin tot mai insistente şi par a înregistra unele succese. Dijkstra inserează opinia sa într-o ordine de idei mai generală, care ţine de natura paradoxal-antinomică a cunoaşterii actuale.

Uneori descoperim adevăruri neplăcute, observă Dijkstra. Se creează astfel o situaţie con- flictuală. Chiar dacă nu ne convine, un adevăr nu poate fi suprimat. O onestitate elementară ne impune această atitudine. Mai mult, un adevăr ştiinţific trebuie nu numai acceptat, dar şi făcut cunoscut. însă relatîndu-1, el se va întoarce asupra noastră, stimulîndu-ne. Dijkstra atrage atenţia asupra aspectului psihologic al acestei situaţii. Dacă adevărurile care i se relatează sînt prea dezagreabile, atunci audienţa poate fi psihic incapabilă să le accepte. Mai mult, cel care relatează aceste adevăruri riscă

să fie etichetat de nerealist şi naiv ; în orice caz, el devine nepopular în multe cercuri, fapt care poate implica unele riscuri (a se vedea Galileo Galilei).

Situaţia conflictuală schiţată mai sus afectează în mod deosebit domeniul informaticii. De obicei se păstrează tăcere în această privinţă, eludîndu-se pur şi simplu chestiunea. De exemplu, în ceea ce priveşte limbajul COBOL, nu-ţi rămîne decît să alegi între următoarele două posibilităţi : sau să lupţi împotriva bolii sau să pretinzi că nu există nici o boală. Cele mai multe departamente de informatică au ales calea a doua, evident mai comodă. Dar, se întreabă Dijkstra, este aceasta onest ? Oare o tăcere prelungită nu riscă să afecteze integritatea intelectuală a informaticii ? Dijkstra enumeră cîteva asemenea situaţii pe care mai toţi informaticienii Ie cunosc, dar se comportă ca şi cum nu le-ar cunoaşte. Iată-le :

Programarea este una dintre ramurile cele mai dificile ale matematicii aplicate; matematicienii prea puri ar face probabil bine să nu se angajeze în această activitate.

Instrumentele pe care le folosim au o influenţă profundă (şi indirectă) asupra modului în care gîndim.

FORTRAN, „dezordinea infantilă", limbaj vechi de peste 20 de ani, nu oferă nici o speranţă de a deveni adecvat unor aplicaţii ale informaticii într-un domeniu sau altul; este un limbaj prea greoi, prea riscant şi prea scump.

PL 1 — „boala fatală" — este mai degrabă o problemă decît o soluţie.

Este practic imposibil să predai cum trebuie programarea unor studenţi care în prealabil au fost iniţiaţi în BASIC ; ca programatori potenţiali, aceşti studenţi

sînt mutilaţi mintal fără speranţă de recuperare.

Utilizarea limbajului COBOL schilodeşte mintea ; predarea acestuia ar trebui considerată un act criminal.

Limbajul APL este o eroare care tinde spre perfecţiune. Este limbajul viitorului pentru tehnicile de programare ale trecutului.

In legătură cu folosirea limbajului : este imposibil să ascuţi un creion ou un topor. La fel de zadarnic este să încerci s-o faci cu zece topoare.

în afară de o oarecare înclinare matematică, o stăpînire foarte bună a limbii materne este calitatea cea mai importantă a unui programator competent.

Multe companii care au acceptat dependenţa de echipamentul produs de un mare fabricant (prin aceasta, vînzîndu-şi sufletul diavolului) se vor prăbuşi sub povara complexităţii ne- stăpînite a sistemului datelor de prelucrare.

Folosirea unei terminologii antropomorfice în domeniul sistemelor de calcul este un simptom al insuficientei maturităţi profesionale.

Pretinzînd că pot contribui la ingineria *soft,* oamenii de ştiinţă *soft* cad în ridicol. în ciuda numelui ei, ingineria *soft* are nevoie de suportul ştiinţei *hard.*

Odinioară, fizicienii îşi verificau reciproc experimentele pentru a obţine o siguranţă mai mare. Astăzi, ei se agaţă de FORTRAN pentru a-şi împrumuta reciproc programe, cu defectele lor cu tot.

Acest manifest incendiar a fost lansat de Dijkstra în 1982. în măsura în care vom afla reacţiile pe oare le-a produs, le vom semnala. Desigur, nu pierdem din vedere mijloacele de ordin retoric pe care un autor le pune în mişcare, pentru a da ideilor sale mai multă pregnanţă. într-o

lume aflată tot mai mult sub semnul limbajelor oni-calculator, este important să se sublinieze şi limitele şi neajunsurile limbajelor aflate în uz şi care tind să devină obiectul unei noi mitologii. Excesele verbale la care recurge uneori Dijkstra pot fi înţelese şi motivate de nevoia retorică de a atrage atenţia asupra unor aspecte de obicei eludate. Aceste exagerări nu trebuie luate deci *ad litteram.* Dar problemele pe care ele le semnalează nu pot fi minimalizate. Ne gîndim, de exemplu, la limbajul BASIC, introdus în multe ţări în programa şcolară şi care urmează să fie introdus şi la noi. Dijkstra nu este singurul care-l judecă foarte aspru. în jurul oportunităţii alegerii limbajului BASIC pentru educaţia informatică a adolescenţilor se desfăşoară de cîţiva ani o polemică pe plan mondial. Unii argumentează pentru înlocuirea lui BASIC cu PASCAL. Vom mai avea prilejul să revenim asupra acestor probleme.

Lingvistica matematică, azi

Modul obişnuit de urmărire a transformărilor şi perspectivelor unei discipline este acela al desprinderii dinamicii relaţiilor dintre problemele pe care disciplina şi le pune şi rezultatele pe care ea le obţine. Simptomul vitalităţii unei discipline este capacitatea de a-şi pune probleme; cum spune, într-un articol relativ recent, Paul Halmos, problemele sînt inima matematicii. De fapt, problemele sînt inima oricărei discipline ştiinţifice, nu numai a matematicii. Lingvistica matematică, la care ne referim acum, a fost discutată de mai multe ori din punctul de vedere al problemelor, me-

todelor şi aplicaţiilor ei. Autorul rîndurilor de faţă s-a angajat de cîteva ori într-un astfel de itinerar (de exemplu, în *Aspecte matematice in studiul limbajului,* în *Limbaj, logică, filo- sofie,* Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1968, p. 48—85 şi în *Mathematical Linguistics in Europe,* în „Current Trends in Linguistics", editor Th. A. Sebeok, voi. 9, *Linguistics in Western Europe,* Mouton, The Hague, 1972, p. 646—687). Interesul pentru disciplinele tinere (lingvistica matematică s-a născut la sfîrşitul deceniului al şaselea al secolului nostru), pentru evoluţia şi perspectivele lor a fost totdeauna mai mare decît pentru disciplinele cu o istorie seculară sau milenară. Ca în orice familie, şi în familia ştiinţelor noii-născuţi se bucură de o atenţie mărită, toţi comentînd cu cine seamănă şi ce le va aduce viitorul. Dacă pentru o disciplină milenară cum este matematica sau chiar pentru una seculară, cum este analiza matematică, unul sau două decenii reprezintă un interval de timp neînsemnat, pentru o disciplină născută în urmă cu 25 de ani o perioadă de 15 ani sau chiar de un deceniu este imensă. Ne propunem în cele ce urmează : a) să canfruntăm situaţia de azi a lingvisticii matematice ou cea prezentată în studiile menţionate anterior şi cu modul în care întrevedeam atunci viitorul care astăzi a devenit trecut, şi b) să încercăm să desprindem unele tendinţe actuale ale lingvisticii matematice nu atît în raport cu problematica abordată, cît în ceea ce priveşte schimbarea de mentalitate.

Este interesant de urmărit modul îrr care a evoluat statutul lingvisticii

matematice ca disciplină. Pînă în urmă cu 10—15 ani se discuta dacă lingvistica matematică este lingvistică sau matematică, preponderent fiind punctul de vedere după care domeniul este interdisciplinar. în anii '60 se credea că acest caracter interdisciplinar se va accentua. Acum se constată că denumirea însăşi de lingvistică matematică este mai puţin utilizată, fără însă ca aceasta să însemne o diminuare în importanţă a domeniului ca atare. Două procese au avut loc, ele fiind şi acum în plină desfăşurare. Pe de o parte, lingvistica matematică s-a descompus în componente care s-au constituit treptat în domenii distincte, relativ independente, pe de altă parte unele dintre aceste componente au fost ulterior asimilate fie de lingvistică, fie de matematică, fie de informatică, logică sau filosofie. Astfel, partea relativă la teoria gramaticilor generative şi transformaţionale s-a descompus într-o componentă matematică, teoria limbajelor şi gramaticile formale, şi gramatica transformaţională, asimilată de lingvistică drept unul dintre capitolele ei de bază. Partea relativă la utilizarea calculatorului în lingvistică s-a constituit într-o disciplină relativ independentă, lingvistica computaţională, cu propriile ei reviste şi congrese ; totuşi, în ultima vreme se observă interesul crescînd, pentru această nouă disciplină, atît al lingvisticii cît şi al informaticii. La un congres internaţional al lingviştilor (Tokio, august 1982) o secţiune specială a fost intitulată „Lingvistica şi calculatorul".

în ceea ce priveşte informatica, este de observat că unul dintre domeniile ei de bază, inteligenţa artificială, se interesează tot mai mult de limbile naturale, fie în ceea ce priveşte dialogul om-calculator,

fie relativ la simularea pe calculator a dialogului om-om. în timp ce lingvistica computaţională este preocupată cu precădere de probleme care vin din tradiţia îndelungată a lingvisticii structurale şi a lingvisticii istorice, informatica vizează o problematică nouă, care depăşeşte de obicei frontierele limbilor naturale. O amploare deosebită au luat-o metodele logicii matematice în studiul semanticii şi pragmaticii limbilor naturale. Această orientare a fost asimilată de lingvistica modernă şi reprezintă acum o parte organică a ei. Faptul acesta este atestat de simpla parcurgere a revistelor şi monografiilor de lingvistică teoretică din ultimul deceniu. Trebuie însă observat că orientarea logică în lingvistică a fost cu precădere corelată cu gîndirea unor clasici ca Frege, Russell, Camap, Wittgenstein şi cu aceea a unor logici necla- sice de tipul logicilor modale, deontice şi fuzzy şi mai puţin cu aceea dezvoltată de Kleene, Godel, Turing, Church, Markov şi atîţia alţii, privind recursivitatea, calculabilitatea, decida- bilitatea şi toate celelalte fenomene prin care logica matematică modernă se constituie drept baza teoretică a informaticii. Implicit, legătura lingvisticii cu informatica nu este încă efectuată la nivelul gîndirii lingvistice teoretice. Faptul acesta pare cu atît mai curios cu cît lingvistica generativă dezvoltată, începînd cu deceniul al şaselea, are una din sursele ei în acea teorie a sistemelor formale care a alimentat atît linia de gîndire a lui Hilbert şi Godel cît şi pe aceea a lui Kleene şi Turing.

O evoluţie interesantă a avut-o teoria modelelor analitice în lingvistică. Dacă prin unele capitole ale ei această teorie a

făcut joncţiunea ou teoria semigrupurilor libere, prin altele ea s-a legat organic de unele capitole ale lingvisticii, ca fonologia, morfologia şi sintaxa. Un exemplu semnificativ în acest sens este cartea lui F. H. Kortland, *Modelling the Phoneme* (Mouton, The Hague, 1972). Să observăm că unele direcţii ale teoriei modelelor analitice, cum este aceea a configuraţiilor sintactice, prezintă dificultăţi matematice care nu au fost încă depăşite.

Cea mai veche orientare matematică **în** lingvistică, aceea relativă la utilizarea metodelor probabiliste şi informaţionale, a fost în mare măsură asimilată de lingvistică. După cărţile prea elementare ca cele ale lui Pierre Guiraud sau prea sofisticate, ca cele ale lui Gustav Herdan, în care gîndirea lingvistică şi cea probabilistă nu reuşeau să se întîlnească în mod efectiv, s-a reuşit să se atingă o fază nouă, pentru care dau seama cărţi ca aceea a lui Charles Miiller (*Initiation ă la statistique linguistique,* „Langue et Langage", Larousse, Paris, 1968) şi, mai ales, ca aceea a lui Barron Brainerd (*Weighing evidence in language and literature ; a statistical approach,* Toronto Uni- versity Press, 1973). Din păcate, domeniul lingvisticii statistice a fost într-o anumită măsură compromis de un număr mare de manifestări diletante, care au îndepărtat atenţia multor lingvişti de la aceste metode.

i

Forme noi ale interferenţei lingvisticii cu matematica

Paralel cu această evoluţie eterogenă a compartimentelor lingvisticii matematice care existau încă de la naşterea acesteia, trebuie să consemnăm apariţia şi dezvoltarea unor compartimente noi, în

buină măsură relative la mecanisme generative de tip nechomskian. Avem în vedere în primul rînd teoria sistemelor Lindenmayer, care, plecînd de la modelarea unor fenomene de dezvoltare în biologia celulară, s-a constituit repede într-un capitol de matematică relativ independent, filiaţiile sale cu teoria gramaticilor generative chom- skiene neputînd fi însă eludate.

Putem spune, în ansamblu, că amploarea luată de lingvistica matematică se manifestă numai parţial într-o formă interdisciplinară ; în bună măsură ea este camuflată de integrarea unor capitole ale ei în disciplinele anterior constituite, ca matematica sau lingvistica. Altele sînt înghiţite acum de informatică, poate unele vor intra în logică. în orice caz, acest proces este însoţit de un altul. Matematica şi lingvistica înseşi îşi extind propriul lor obiect. Astfel, matematica îşi lărgeşte domeniul cu teorii sugerate de biologie, lingvistică, economie (a se vedea teoria catastrofelor), iar lingvistica, definită pînă ieri ca studiu al limbilor naturale, îşi extinde treptat interesul şi asupra celor artificiale (logice, de calculator etc.). Orientarea promovată în acest sens de Richard Montague (*Formal Philosophy,* Yale University Press, New Haven, 1974) este semnificativă, de altfel ea era aşteptată încă de la începutul lingvisticii matematice. în schimb, a surprins aşteptările procesul prin care lingvistica s-a dovedit capabilă să asimileze într-un timp scurt metodele logice care pînă mai ieri îi erau străine (chiar dacă antecedente ale lor pot fi urmărite departe în trecut).

Prin aceasta se dezvăluie şi caracterul în parte convenţional a ceea ce numim interdis- ciplinaritate. Putem spune că

lingvistica matematică îşi dovedeşte, într-o anumită măsură, maturitatea tocmai prin capacitatea ei de a se autodizolva, de a se lăsa absorbită de venerabilele discipline care i-au stimulat apariţia. Aceasta nu înseamnă însă că majoritatea lingviştilor se contaminează de probleme de formalizare ; metodele logice în lingvistică rămîn o zonă specială a lingvisticii, iar o revistă ca „Theoretical Linguistics" rămîne în continuare neinteresantă pentru un număr destul de mare de lingvişti. Imaginea de ansamblu a revistelor de lingvistică este astăzi destul de derutantă. Este însă cert că prezenţa gîndirii logico-matematice şi a instrumentului matematic a devenit un fapt curent chiar în publicaţii lingvistice relativ tradiţionale, ca „Linguistics" şi „Lingua e Stile". în particular, revistele româneşti „Studii şi Cercetări Lingvistice" şi „Revue Roumaine de Linguistique" se supun aceluiaşi proces.

Un alt fenomen interesant în ultima vreme, care probabil se va accentua, este rolul matematicii de catalizator al legăturilor lingvisticii cu celelalte discipline. Prin structuralism, lingvistica a putut ■ colabora cu antropologia (Claude Levi Strauss), cu poetica (Roman Jakobson), cu psihanaliza (J. Lacan) şi cu alte cîteva discipline, prin gramatica generativă ea şi-a lărgit considerabil legăturile interdiscipli- nare ; aceasta a fost posibil însă datorită transferului pe care-l permite generalizarea de natură matematică. Au fost dezvăluite astfel legă-turi profunde ale lingvisticii cu teoria limbajelor de programare, cu genetica, teoria învăţării, cu teatrul, muzica şi literatura. Acest rol de „al treilea" al matematicii ar putea să fie detectat şi în raport cu alte discipline (a se vedea de

exemplu legăturile, prin intermediul modelului matematic al entropiei, dintre fizică şi procesele de comunicare).

O privire nouă a adus matematica şi în legătură cu situaţia lingvisticii faţă de dihotomia discret-continuu. Lingvistica structurală clarificase, în urmă cu mai multe decenii, faptul că trecerea de la vorbire la limbă constituie înlocuirea unei reprezentări continue cu una discretă. Deoarece, după Ferdinand de Saus- sure, obiectul lingvisticii este limba, nu vorbirea, modelele matematice adoptate în lingvistică au fost multă vreme de natură discretă. Algebra şi Logica matematică păreau să fie suficiente în această privinţă. Iată însă că din ce în ce mai mult s-a conturat un proces surprinzător, acela al aproximării discretului lingvistic prin modele continue sau, altfel spus, de scufundare a celui dintîi în cele din urmă. Topologia a pătruns în lingvistică în mai multe etape. Topologiile, de obicei nemetrizabile, asociate diferitelor relaţii binare studiate în morfologie şi sintaxă s-au dovedit a avea uneori semnificaţii deosebite.

Diferite tipuri de distanţe introduse în mulţimea frazelor unei limbi sau în mulţimea părţilor ei au condus la probleme delicate, în bună măsură nerezolvate. Ulterior, în studiul fenomenelor de repetiţie lingvistică, au pătruns metodele topologiei algebrice, care asociază unui text diferite complexe simpliciale. Prin teoria matematică a catastrofelor pătrunde în lingvistică topologia diferenţială. Noutatea constă aici în faptul că nu mai este vorba de nivelul morfologic, nici de cel sintactic, ci de nivelul semantic al limbilor naturale. Relevanţa cu care Rene Thom a analizat semantica verbului

francez a marcat o cotitură în teoria lingvistică. Gonit din limbă, refugiat în vorbire, continuul lingvistic reapare prin schimbarea strategiei de investigare. După Rene Thom, renunţarea la matematica continuă în studiul limbii ar apărea la fel de nefericită ca renunţarea la metodele analizei matematice în studiul numerelor prime. Dar, vorbind despre analiza matematică, trebuie să observăm că din această ramură a matematicii lingvistica matematică împrumută în ultima vreme nu atît rezultate (deşi nici acestea nu lipsesc), cît concepte, idei şi metode. Sistemele de ecuaţii cu necunoscute limbaje, teoremele de punct fix, teoria măsurii, măsurile exterioare Caratheodory, seriile formale s-au dovedit importuri bine inspirate ale unor idei de analiză matematică astăzi devenite familiare în teoria limbajelor şi a automatelor.

In prima fază de dezvoltare a lingvisticii matematice trei erau cu precădere criticile aduse acestei discipline : limitarea la problemele limbii scrise, neglijarea semanticii şi neglijarea aspectelor diacronice ale limbii. Prima critică se baza pe faptul că una din preocupările principale ale lingvisticii matematice era traducerea automată, interesată exclusiv de limba scrisă. între timp însă, lingvistica matematică s-a dovedit capabilă să cuprindă aspecte esenţiale ale fonologiei, ale recunoaşterii formelor şi ale foneticii. Cea de a doua critică a intrat şi ea în desuetudine, astăzi semantica şi pragmatica aflîndu-se în centrul de preocupări al modelării logice în lingvistică. Cum rămîne cu cea de a treia critică ? Ea a devenit depăşită prin impactul tot mai mare pe care calculatorul îl are asupra lingvisticii istorice, asupra filologiei şi dialectologiei. Reviste de genul

„Computers and the Humanities" (Statele Unite) şi „Linguistic and Literary Computing" (Anglia) sînt semnificative în acest sens. Să mai observăm că la conferinţele internaţionale de lingvistică computaţională, care se ţin o dată la doi ani, sînt prezentate numeroase cercetări de istoria limbii'.

Singura barieră care a mai rămas în faţa lingvisticii matematice este ignoranţa.

Comunicarea umană : un fapt comun şi o enigmă

In ultimele decenii s-au acumulat diferite descrieri ale procesului de comunicare umană, fiecare descriere adoptînd unghiul de vedere al uneia dintre disciplinele care au ca obiect comunicarea sau/şi limbajul. Să încercăm să articulăm aceste descrieri într-o prezentare unitară şi coerentă ; o reprezentare care trebuie să ia în considerare achiziţiile tuturor disciplinelor relative la semnificaţie, informaţie, comunicare şi limbaj. în mod inevitabil, o atare reprezentare acordă o egală atenţie factorilor interni şi externi, aspectelor sintactice, semantice şi pragmatice.

Comunicarea este un aspect al funcţionalităţii limbajului. Este ea oare cea mai importantă manifestare a funcţionalităţii limbajului ? Se ştie că limbajul are un rol important şi în formarea ideilor. Dacă totuşi a prevalat punctul de vedere după care principala funcţie a limbajului este cea comunicativă, trebuie să observăm că, în ultima vreme, acest fapt a fost supus unei reexaminări atente, iar unii autori (a se vedea, de exemplu, S. Kuroda, *Some thoughts on the foundations of the theory of language,* în „Linguistics and Philosophy", voi. 3, 1979, p. 1—12) contestă primordialitatea funcţiei

comunicative faţă de celelalte funcţii ale limbajului.

O reprezentare triadică a procesului de comunicare a fost propusă de K. Biihler (*Die Axiomatik der Sprachwissenschaft,* "Kant Stu- dien", voi. 38, 1933, p. 19—90) : *emiţător-me- saj-destinatar*. Ulterior, Roman Jakobson *(Linguistic s and Poetics,* în *Style in Language,* editor Th. A. Sebeok, MIT Press, Cambridge, Mass., 1960) a mai adăugat trei componente : cod, *canal* şi *context (referent).* Sub această formă cu şase componente şi, în mod corespunzător, cu şase funcţii (expresivă, poetică, conativă, metalingvistică, fatică şi referen- ţială), procesele de comunicare sînt reprezentate actualmente în cele mai multe cercetări. Este însă necesar ca reprezentarea Biihler- Jakobson să facă joncţiunea cu o altă linie de gîndire, de la care lingvistica şi semiotica s-au reclamat uneori, dar pe care nu au ur- rnat-o cu fermitate. Este vorba de teoria matematică şi inginerească a informaţiei şi comunicaţiei (CI. Shannon, *The Mathematical Theory of Communication,* în „Bell System Tehnical Journal", voi. 27, 1948 ; Ol. Shannon, W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication,* Urbana Illinois, 1949 ; C. Cherry, *On Human Communication,* MIT Press, Cambridge, Mass., 1957—1966), în cadrul căreia însă, deşi elaborarea este, în general, mai riguroasă decît în teoria lingvistică şi semiotică, explicitarea componentelor şi funcţiilor nu mai este operată cu rigoare.

Căutînd să aducem versiunea Shannon în albia versiunii Jakobson, vom constata că în cea dintîi componenta contextuală (referen- ţială) lipseşte, fapt explicabil, deoarece teoria lui Shannon are în vedere

nu informaţia semantică, ci pe cea selectivă ; în acelaşi timp însă, în versiunea Shannon identificăm trei componente care lipsesc (sau sînt incluse în altele) în versiunea Jakobson : *transmiţătorul, receptorul* şi *zgomotul.* Transmiţătorul transformă mesajul din sistemul de semne folosit de emiţător în cel cerut de canalul de transmisie. Receptorul este cel care transformă mesajul din sistemul de semne cerut de canalul de transmisie în cel folosit de destinatar. Comunicarea telefonică şi cea telegrafică pun bine în evidenţă distincţia dintre emiţător şi transmi- ţător, respectiv dintre receptor şi destinatar. Tot pe aceste două exemple se înţelege bine şi componenta de zgomot, prin care Shannon şi Weaver înţeleg tot ceea ce poate constitui sursa deteriorării sau denaturării, parţiale sau totale, a mesajului. în vorbirea directă, zgomotul, în sensul lui Shannon, revine la zgomotul propriu-zis, de natură acustică ; lucrurile se simplifică aici şi datorită faptului că emiţătorul coincide cu transmiţătorul iar receptorul coincide cu destinatarul. în raport cu aceste trei componente neexplicitate în versiunea Jakobson vom putea defini, în mod corespunzător, trei funcţii noi : funcţia de codificare îndeplinită atît de emiţător cît şi de transmiţă- tor, funcţia de decodificare (care revine receptorului şi destinatarului) şi funcţia de perturbare (ca rezultat al prezenţei zgomotului).

O altă linie de gîndire, venind din filosofie, logică şi semiotică (Frege, Peirce, Carnap etc.) a promovat distincţia dintre intensiune sau sens *(Sinn* la Frege) şi extensiune sau referent *(Bedeutung* la Frege), ceea ce permite descompunerea componentei referenţiale (contextuale, în terminologia lui Jakobson) în două subcom-

ponente : intensiunea şi extensiunea. în mod corespunzător, putem defini două funcţii : in- tensională (sau conceptuală) şi extensională (sau referenţială). Comunicarea la copii porneşte prin a dezvolta funcţia extensională şi treptat, printr-un proces foarte lent, care durează mulţi ani, se ridică la funcţia intensională. Acest proces a fost urmărit şi periodi- zat, în lucrări devenite clasice, de către marele psiholog Jean Piaget şi şcoala sa.

O a patra linie de gîndire vine din psihiatrie (de exemplu, P. Watzlawick, J. H. Beavin, D. D. Jackson, *Pragmatics of Human Commu- nication,* Faber and Faber, Londra, 1968), dar a apărut şi în ingineria comunicaţiei, chiar dacă într-o interpretare diferită (C. Cherry, op. cit.). Noutatea principală aici o constituie o nouă componentă — *observatorul* — şi o nouă funcţie — *de observare* sau *terapeutică* (acest al doilea termen indică originea în psihiatrie a noii funcţii, corespunzătoare medicului terapeutician). Vom prelua componenta ob- servaţională şi funcţia terapeutică, pentru a le include în structura generală a proceselor de comunicare.

Articulînd toate componentele şi funcţiile de mai sus, obţinem o reprezentare a procesului de comunicare constînd din unsprezece componente : emiţător, transmiţător, mesaj, receptor, destinatar, cod, canal, zgomot, sens (intensiune), referent (extensiune) şi observator şi unsprezece funcţii asociate : expresivă, de codificare, poctică, de decodificare, conativă, metalingvistică, fatică, perturbatoare, de conceptualizare (intensională), referenţială (extensională) şi terapeutică (de observare). Fiecare funcţie este orientată asupra componentei

căreia i se asociază. în orice proces de comunicare sînt prezente toate componentele şi funcţiile, dar ierarhia şi interacţiunea lor diferă de la un proces la altul. Se obţin astfel diferite configuraţii, care conduc la o tipologie comunicaţională foarte bogată. în anumite cazuri, unele componente (respectiv funcţii) pot coincide. De exemplu, în comunicarea orală directă, aşa cum am văzut, emiţătorul coincide cu transmiţăto- rul iar receptorul cu destinatarul. Este posibil, ca unele componente să prezinte un anumit grad de nedeterminare; de exemplu, receptorul şi destinatarul unei cărţi, ai unei emisiuni radiofonice sau de televiziune. Există probabil posibilitatea ca, în anumite procese de comunicare, unele componente să fie pur şi simplu absente, dar această chestiune nu este încă elucidată. Astfel, rămîne controversată prezenţa funcţiei extensionale în comunicarea poetică. în ceea ce priveşte modul în care ierarhia celor unsprezece funcţii se modifică de la o comunicare la alta, am încercat să arătăm (S. Marcus, *Diplomatic Communication,* „Revue Roumaine de Linguistique", 1981, nr. 1, p. 25—35) că în comunicarea diplomatică un rol privilegiat îl are funcţia fatică (aceeaşi care predomină în comunicarea cu copiii).

Unele explicaţii sînt probabil necesare cu privire la zgomot. Dacă la Shannon era vorba de un zgomot pur fizic, care putea distruge sau falsifica ipostaza materială a mesajului, în reprezentarea noastră este vorba de o idee mai generală de zgomot, care include şi zgomotul semantic. Funcţia perturbatoare constă deci în orice acţiune de natură să introducă diferenţe între mesajul trimis de emiţător şi cel ajuns la

destinatar; în particular, această funcţie poate afecta sensul şi referentul mesajului, prin introducerea unor surse de ambiguitate semantică

.Ajungem astfel la o problemă deosebit de importantă, aceea a influenţei reciproce a celor unsprezece funcţii ale comunicării, a delimitării lor. Astfel, nu este deloc uşoară delimitarea, într-un caz concret, a funcţiilor fatică şi metalingvistică, tocmai pentru că influenţa lor reciprocă este deosebit de puternică. Chiar faptul de a asocia cîte o singură funcţie fiecărei componente şi cîte o singură componentă fiecărei funcţii constituie o simplificare ; la o reprezentare mai nuanţată ea trebuie de-păşită (asfel, de exemplu, funcţia de codificare apare atât în legătura emiţătorului cu trans- miţătorul, cît şi în ace€sa a transmiţătorului cu canalul). Una dintre cele mai delicate probleme apare ca urmare a faptului că diferitele funcţii, în cadrul interacţiunii lpr, se pot uneori favoriza, alteori sabota. Astfel, dezvoltarea funcţiei expresive vine uneori în conflict cu aceea a funcţiei referenţiale, după cum aceasta din urmă poate face mai dificilă dezvoltarea funcţiei in- tensionale. în aceasta constă caracterul paradoxal, antinomic al procesului de comunicare umană. Un cîmip vast de probleme, încă foarte puţin cercetat, se deschide aici. Cele mai multe interacţiuni se exercită nu direct, ci mediat. Detectarea lor cere elaborarea unui calcul adecvat al influenţelor şi interacţiunilor, care să urmărească modul în oare compunerea unor interacţiuni directe conduce la o interacţiune indirectă, mai complexă. Se constată, între altele, că, prin această

acţiune mediată, o funcţie comunicativă se poate pe de o parte sabota pe ea însăşi, pe de altă parte favoriza pe ea însăşi

.PROVOCAREA ISTORIEI

Matematica şi istoria

La Congresul internaţional de ştiinţe istorice, care s-a ţinut în august 1980 la Bucureşti, s-a hotărît înfiinţarea unei Comisii internaţionale pentru metodele cantitative în Istorie. Este interesant de ştiut că o propunere privind înfiinţarea unei astfel de comisii se făcuse şi la congresul anterior, dar ea nu a fost suficient de puternic susţinută pentru a fi acceptată. Faptul că această acceptare a fost acum obţinută este simptomatic pentru amploarea pe care au căpătat-o preocupările privind folosirea metodelor matematice în studiul istoriei. Dacă totuşi denumirea comisiei se referă la metode cantitative şi nu la metode matematice, aceasta se întîmplă din două motive (un fenomen similar a avut loc în cadrul Asociaţiei internaţionale de ştiinţe politice, unde există de asemenea o comisie pentru folosirea metodelor cantitative) : a) cuvîntul *cantitative* sperie mai puţin decît c-uvîntul *matematice;* **b)** nu s-a răspîndit încă suficient, printre ne- matematicieni, faptul că, de vreo 60 de ani încoace,

matematica a evoluat tot mai mult de la o ştiinţă a cantităţii către una a structurii, accentul căzînd din ce în ce mai mult pe aspecte calitative.

Istoria este, sub forma ei brută, o acumulare de date, care devin tot mai numeroase şi mai eterogene, pe măsurâ ce evenimentele istorice cresc în complexitate iar exigenţele unei înţelegeri profunde a sensului evoluţiei sînt tot mai mari. Aceste date trebuie clasificate, ordonate, comparate şi sistematizate ; ele trebuie prelucrate şi interpretate în funcţie de problema studiată, dar pentru aceasta trebuie mai întîi ca ele să fie păstrate într-o formă care să permită folosirea lor operativă, ori de cîte ori este necesar. Ştiinţele chemate în mod natural să răspundă problemelor formulate mai sus sînt : teoria probabilităţilor, statistica matematică, informatica, combinatorica, teoria matematică a clasificării şi ierarhizării, teoria relaţiilor binare şi teoria grafurilor. Se pune în mod natural întrebarea : de ce s-au introdus metodele matematice atît de tîrziu în istorie, dacă temeiul pentru introducerea lor exista de atît de multă vreme ? într-adevăr, Istoria, ca ştiinţă, nu se bazează de azi, de ieri, ci de totdeauna, pe numeroase date care trebuie interpretate. Numai că pentru anumite domenii ale ei, cum ar fi cel economic, cel militar, cel financiar, cel politic, cel diplomatic şi cel cultural, a trebuit să se aştepte un nivel suficient de ridicat de maturizare pentru a se şti cum anume să se extragă datele semnificative pentru evenimentele la care ele se referă. în afară de aceasta, capacitatea ma-

tematicii de a prelucra aceste date s-a dezvoltat destul de tîrziu.

Astfel, dacă metodele probabilistice şi statistice au, cel puţin în forma lor elementară, o anumită vechime, teoria matematică a clasificării şi ierarhizării s-a dezvoltat destul"de tîrziu, o situaţie similară avînd loc în ceea ce priveşte teoria relaţiilor binare, combinatorica şi teoria grafurilor. în plus — şi poate că acesta este motivul cel mai important pentru care aplicarea matematicii în istorie a întîr- ziat — mijloacele tehnice de calcul necesare pentru prelucrarea efectivă a unor mase mari de date au apărut abia în ultimii treizeci de ani ; avem m vedere construirea calculatoarelor electronico moderne, dotate cu o mare capacitate de memorie şi cu o viteză de calcul mergînd de la mii la milioane de operaţii pe secundă. Informatica, adică ştiinţa construirii şi folosirii calculatoarelor electronice, s-a dezvoltat abia în ultimele decenii, stimulînd considerabil prelucrarea şi interpretarea datelor acumulate de ştiinţele istorice.

Cercetarea românească s-a încadrat masiv în acest curent de preocupări, semnificative fiind cîteva fapte : organizarea, în 1970, a unui Colocviu internaţional româno-englez de folosire a matematicii în istorie şi arheologie, colocviu ale cărui lucrări au apărut în 1971 în volum (la Editura Universităţii din Edinburgh, Marea Britanie) ; organizarea, în anii 1968—1969, la Facultatea de Istorie a Universităţii din Bucureşti, a unui curs de metode matematice în istorie şi în studiul relaţiilor internaţionale, curs ţinut de profesorul Mircea Maliţa ; organizarea, în cadrul Institutului de Istorie al Academiei de Ştiinţe Sociale şi Politice, a unui colectiv pentru folosirea metodelor

matematice în istorie, colectiv din care au făcut parte atît istorici cît şi matematicieni (menţionăm în mod special pe istoricul Vasile D. Liveanu şi pe matematiciaria Irina Gavrilă, specializaţi în folosirea metodelor statistice în istorie) ; cooptarea unui reprezentant român în Comisia internaţională pentru metodele cantitative în istorie; publicarea, la sfîrşitul anului 1977, sub egida Academiei de Ştiinţe Sociale şi Politice din Bucureşti, a lucrărilor unei întîlniri ştiinţifice internaţionale care a avut loc la Poiana Braşov, în mai 1974, avînd ca temă studiul matematic al relaţiilor internaţionale (editori : Mărio Bunge, Johan Galtung, Mircea Maliţa).

Totuşi, impactul matematicii asupra istoriei nu se referă numai la aspectul cantitativ, aşa cum ar putea să rezulte din cele de mai sus. De altfel, lucrările la care ne-am referit privesc numai parţial metodele statistice şi probabiliste ; multe dintre lucrări au în vedere aspecte logice şi cibernetice, folosirea calculatoarelor (care este de natură logică, nu cantitativă, aşa cum se crede îndeobşte), a teoriei matematice a jocurilor, a tehnicii predictive, a analizei sistemice, a limbajelor şi gramaticilor formale. Problemele tratate se referă la momente ale trecutului îndepărtat (de exemplu, tratativele duse de Şerban Cantacuzino, după asediul Vienei, 1683—1688), coaliţiile interstatale, cursa înarmărilor, coexistenţa paşnică etc.

La ce se referă deci aspectele calitative ale matematicii în istorie ? Ele vizează problemele logice, decizionale şi strategice, atît în cadrul tratativelor diplomatice cît şi în conflictele armate. Logica istoriei a preocupat mult pe marele istoric român A. D. Xenopol, care a definit istoria ca ansamblul ştiinţelor referitoare

la fenomene de succesiune, în opoziţie cu ştiinţele relative la fenomenele de repetiţie (cum sînt numeroase fenomene din natura fizică sau biologică). Filosoful şi logicianul român Athanase Joja a precizat ideea lui Xenopol, arătînd că istoria este o ştiinţă în care, spre deosebire de ştiinţele naturii, particularul şi singularul joacă un rol privilegiat. Istoria are ca obiect *universalul concret*; elementul universal nu se manifestă numai sub forma sa realizată, ci şi în procesul de realizare (Ath. Joja, *Filosofia istoriei in România,* în *Filosofie şi cultură,* Editura Minerva, Bucureşti, 1978). Dar asupra acestor chestiuni ne vom opri mai detaliat şi mai sistematic într-un alt paragraf.

O aprofundare sensibilă a problemelor privind logica istoriei a fost realizată de logicianul Sorin Vieru (*Faptul istoric în perspectiva logicii ; cîteva repere,* „Probleme de logică", voi. VIII, 1981, p. 191—215). Atenuînd opoziţia propusă de Xenopol şi analizată în continuare de Joja, Vieru surprinde repetiţia în succesiune, sub forma tendinţelor şi valorilor care se regăsesc în fapte de succesiune dintre cele mai diferite. Vieru discută câteva chestiuni esenţiale privind natura logică a adevărului istoric, cum ar fi : a) există o sferă a faptelor istorice separată de sfera faptelor de alte genuri ? b) există fapte istorice „atomare", adică ireductibile la alte fapte fundamentale, şi pe baza cărora să fie alcătuite toate celelalte fapte istorice ? c) este orice fapt istoric rezultatul sau consecinţa unei acţiuni umane ? Punând în mişcare idei ale lui Frege, Boole şi Wittgenstein şi elemente ale logicii deontice şi teoriei generale a acţiunii (G.

H. von Wright), dar distanţîndu-se de ele cînd este cazul, Vieru aduce clarificări interesante privind statutul logic al faptelor istorice.

O altă direcţie de preocupări se referă la studiul documentelor vechi, rămase sub formă de manuscrise sau copii ale acestora. Aici intră vechile cronici. Vom discuta un singur exemplu. *Istoria Ţării Româneşti* (1290—1680) *(Letopiseţul Cantacuzinesc)* numită deseori şi *Cronica anonimii,* este atribuită ipotetic unor membri ai familiei Cantacuzino. Acest letopiseţ a avut o mare circulaţie, păstrîndu-se pînă azi 48 de manuscrise. Ediţiile care s-au publicat ptoă acum au avut în vedere unul sau .altul dintre aceste manuscrise, dar niciodată ansamblul lor. Totuşi, în 1690 se tipăreşte ediţia critică a cronicii, la redactarea căreia se pleacă de la studierea comparativă a tuturor manuscriselor existente şi, deşi se publică textul unui singur manuscris, se prezintă şi un aparat critic, în care se notează toate variantele sub care apar diferite cuvinte sau pasaje în alte manuscrise, considerate reprezentative.

Este însă uşor de înţeles că o confruntare completă a 48 de manuscrise nu se poate realiza manual. Aşa s-a şi întâmplat în trecut, cînd s-a lucrat totdeauna pe bază de eşantioane reprezentative. O confruntare completă nu se poate realiza decît pe baza unei analize algoritmice programate la calculatorul electronic.

Este ceea ce a întreprins matematicianul Sorin Cristian Niţă (a se vedea articolele sale din revista „Studii", 1971, voi. 2 şi din „Informatică şi modele matematice în ştiinţele sociale", 1973, voi. 1). Astfel de cercetări sînt numeroase azi în lume şi ele

deschid o perspectivă nouă în domeniul stabilirii paternităţii unor texte, al datării şi localizării unor documente.

Istorie şi strategie

Strategia nu este un fenomen cantitativ, ci calitativ. în numeroase situaţii, omul, instituţiile, guvernele, conducătorii de state au de ales o decizie din mai multe decizii posibile, care trebuie analizate şi comparate. Tendinţa este, fireşte, de a se alege decizia optimă, dar aceasta nu există totdeauna, iar, dacă există, identificarea ei nu poate fi totdeauna realizată numai prin intuiţie. Există o ştiinţă a deciziei optime, care s-a născut în anii celui de al doilea război mondial (J. von Neumann, O. Mor- genstern, *Theory of Games and Economic Be- havior,* Princeton University Press, 1944, 1947), probabil şi sub presiunea problemelor de strategie şi decizie puse de război ; această ştiinţă a primit numele de *Cercetare operaţională.* Un capitol important al acestei ştiinţe este *teoria jocurilor de strategie,* care studiază modul în care se iau deciziile în situaţii de competiţie. O situaţie este considerată *de competiţie* dacă în ea acţionează mai mulţi factori raţionali (fiecare factor referindu-se la un alt scop), factori care, prin rezultatele la care conduc, sînt dependenţi de ansamblul tuturor deciziilor. Această situaţie este formulată riguros în cadrul noţiunii matematice de *joc* (a se vedea Anatol Rapaport, *Conflict in Man- Made Environment,* Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 1974). Pentru a ne da seama de generalitatea ei, trebuie să luăm în considerare faptul că fenomenul de

competiţie apare atît în situaţiile de conflict, cît şi în cele de cooperare. Putem deci spune că cele mai multe situaţii pe care le oferă istoria pot face obiectul teoriei jocurilor. Evident, există din păcate şi situaţii în care se acţionează orbeşte, pe baza unui adevărat instinct al agresiunii ; ele nu fac obiectul teoriei jocurilor.

Unul din momentele cele mai interesante ale istoriei contemporane a României este, fără îndoială, cel care s-a creat în primul război mondial, în urma victoriei revoluţiei socialiste în Rusia. Noul regim, tocmai atunci instaurat, decide încetarea ostilităţilor şi retragerea armatei ruseşti, stabilind o reglementare separată de pace cu puterile centrale (Germania, Aus- tro-Ungaria, Bulgaria şi Turcia). România se afla şi ea în război, alături de Franţa, Anglia, Italia şi Rusia. Prin retragerea Rusiei, România rămînea singura pe frontul din Est, aliaţii ei din Vest fiind la prea mare distanţă pentru a o putea ajuta. Ce trebuia să facă armata română ? Să continue ostilităţile contra Germaniei, în semn de fidelitate faţă de Antantă, sau să încheie armistiţiu şi să înceapă tratativele de pace ? Se ştie că guvernul român de atunci a ales cea de a doua variantă. S-a orientat bine ? Iată o întrebare pe care mulţi specialişti în istorie militară şi-au pus-o. Evident, prezentarea de mai sus este foarte schematică. Ar mai trebui să amintim cel puţin faptul că Muntenia şi Dobrogea se aflau sub ocupaţie germană, guvernul român se retrăsese în Moldova, armata română şi economia ţării se aflau într-o situaţie critică, bîntuiau bolile. Apare aici o

problemă de decizie, care a fost studiată de curînd, pe baza datelor furnizate de specialişti în istorie militară

.Analiza întreprinsă se referă la toate variantele cît de cît plauzibile, în raport cu informaţiile existente în acel moment (anii 1917— 1918). Astfel, varianta formulării unor condiţii puse puterilor centrale pentru încheierea unei păci separate, fără a se aştepta consimţămîntu.1 aliaţilor, este analizată în două subvariante, după cum condiţiile formulate de guvernul român-sînt sau nu acceptate. Ipoteza neacceptării este la rîndul ei analizată în alte două subvariante, anume încheierea unei păci necondiţionate sau continuarea războiului. Această din urmă posibilitate este analizată în cele două consecinţe posibile : victoria puterilor centrale sau a aliaţilor. Ia naştere astfel un *arbore de decizie,* în care fiecare variantă şi subvariantă are o anumită probabilitate de apariţie şi un anumit grad de preferinţă (aceşti doi parametri fiind stabiliţi pe baza tuturor informaţiilor furnizate de lucrările de istorie militară). Se evaluează apoi, cu ajutorul acestor parametri, *speranţa matematică* a fiecărei strategii posibile. Analiza efectuată a arătat că toate deciziile luate de guvernul român în împrejurările menţionate au fost cele mai judicioase care se puteau lua. Aceasta nu înseamnă însă că metodele teoriei deciziei sînt inutile. Guvernul român avea atunci de analizat un număr relativ mic de variante şi este de înţeles că intuiţia şi experienţa puteau suplini calculul. In condiţiile actuale însă,

tratativele internaţionale sînt mult mai complexe, comportă mult mai multe variante şi mult mai mulţi parametri.

Analiza de mai sus, întreprinsă de matema- ticiana Dorina Pop, face parte dintr-un ansamblu de procedee pe care profesorul Mircea Ma- liţa de la Universitatea din Bucureşti le-a sistematizat în cinci tipuri de probleme, toate ilustrate pe istoria României. Problemele de *decizie* se sprijină pe teoria matematică a deciziei şi au drept concept de bază pe acela de *utilitate.* Aici intră decizia lui Mihai Viteazul, domnul Ţării Româneşti, în conflictul său cu turcii (1595), de a prefera lupta armată menţinerii statu-quo-ului. Problemele de *conflict* se studiază eu teoria jocurilor de sumă nulă (una dintre părţi cîştigă dacă şi numai dacă cealaltă pierde) iar conceptul-cheie este aici cel de *strategie.* Un exemplu tipic este constituit de luptele lui Ştefan cel Mare, domnitorul Moldovei, din jurul anilor 1500, strategia condu- cînd aici la şansele unei armate mici de a face faţă unei armate mult mai mari. Aplicaţiile acestui tip de model sînt numeroase, dar nu prea se văd căi de ameliorare a modelului. Problemele de *negociere* au la bază teoria jocurilor de sumă nenulă (cu alte cuvinte, cîştigul unei părţi nu se realizează neapărat în dauna celeilalte; pot cîştiga sau pierde amîndouă). Conceptul de bază este aici cel al *punctului de echilibru.* In acest mod au fost analizate tratativele duse de Şerban Catnacuzino cu Apafi, după asediul Vienei, 1683—1688. Rezultatul analizei accentuează însă instabilitatea situaţiei şi persistenţa dilemei. Modelul este insuficient şi necesită o ameliorare.

Problemele de coa- *liţie.* sînt studiate cu ajutorul unor metode de teoria matematică a informaţiei (mai precis, criteriul entropie al lui Watanabe) şi au drept concept central pe cel al *măsurii interacţiei dintre părţi.* Au fost analizate pe această cale relaţiile lui Şerban Cantaouzino cu cele şase puteri, obţinîndu-se unele clarificări şi criterii în ceea ce priveşte modul de formare a coaliţiilor. Perspectivele acestui model sînt promiţătoare, dar condiţionate de utilizarea calculatorului. Problemele privind *încheierea acordurilor* sînt studiate cu ajutorul metodei
bayesiene din teoria probabilităţilor şi se sprijină pe conceptul de *probabilitate condiţionată.* Au fost analizate pe această cale unele tratate de capitulare a ţărilor române în faţa Porţii Otomane, obţinîndu-se unele clarificări privind controversele legate de insuficienţa documentelor. Modelul este susceptibil de numeroase aplicaţii şi dezvoltări.

Intre discursul istoric şi cel de ficţiune

Distincţia operată de Xenopol între fenomenele de repetiţie şi cele de succesiune corespunde la două viziuni posibile ale lumii, una repetitivă, alta narativă. S-a interpretat uneori greşit această distincţie, în sensul că prima viziune ar fi aceea din ştiinţele naturii, iar a doua aceea din istorie. Insă unele fapte ţinînd de viaţa grupurilor sociale pot fi văzute într-o optică repetitivă, după cum fapte ale evoluţiei naturii pot fi privite într-o perspectivă narativă. După Xenopol, faptele care se repetă în timp sau în spaţiu fără schimbări apreciabile nu sînt fapte istorice. Sint menţionate în acest sens căderea corpurilor, scînte- ierea stelelor,

rotaţia planetelor, mişcarea altor corpuri cereşti. Xenopol observă însă că anumite fenomene astăzi repetitive erau altele într-o epocă anterioară. Rezultă că un acelaşi fenomen poate fi considerat repetitiv sau istoric, după cum perspectiva temporală este mai restrînsă sau mai vastă. Rotaţia pămîn- tului în jurul soarelui este un fapt repetitiv, dacă este raportată la intervalul de timp care a început odată cu naşterea planetei noastre, dar devine un fapt istoric dacă avem în vedere şi perioada anterioară, incluzînd formarea soarelui şi a pămîntului. Faptul repetitiv, deşi se desfăşoară în timp, devine într-un anume sens independent de timp, deoarece, nepre- zentînd variaţii, nu furnizează repere în raport cu care să înregistrăm diferenţa între două momente distincte. Faptele de repetiţie, aşa cum le concepe Xenopol, sînt foarte rare în natură. Tocmai acest fapt explică dificultatea măsurării riguroase a timpului. Chiar mişcările de rotaţie ale pămîntului, care păreau exemple ideale de fapte de repetiţie, fiind luate din acest motiv ca termen de referinţă pentru definirea secundei, s-au dovedit impure cînd a fost nevoie de o reprezentare mai riguroasă a timpului eronologie ; astăzi, definiţia secundei, aşa cum este ea utilizată Jn tehnica modernă de mare precizie, se bazează pe dife-renţele de nivel energetic care au loc în atom.

Totuşi, Xenopol admite existenţa a două situaţii în care faptele de repetiţie sînt pertinente din punct de vedere istoric : *cînd se încorporează într-un rezultat stabil* (de exemplu, repetarea depunerii unor reziduri poate conduce la formarea deltei unui fluviu ; repetarea unui anumit comportament poate conduce la apariţia unei noi specii de animale), ceea ce revine

la procesul care, într-o altă terminologie, a fost numit *transformarea cantităţii în calitate ; cind este vorba de reconstituirea anumitor fapte istorice* (de exemplu, cum trăiau romanii). însă pentru a se putea reconstitui o perioadă trecută este mai întîi nevoie ca ea să fi fost consemnată de contemporanii ei sub forma unor fapte de repetiţie. Cele două excepţii la care se referă Xenopol sînt departe de a fi periferice ; ele pun în evidenţă interferenţa organică a repetiţiei şi succesiunii.

Un alt punct central în doctrina lui Xenopol se referă la istorie ca ştiinţă a faptelor individuale. în raport cu o viziune tradiţională, care vine de la greci, ştiinţa este exclusiv a generalului. Desigur, acest punct de vedere a nemulţumit pe mulţi filosofi, istorici, literaţi, care doreau să înlăture această limitare. Am mai discutat această problemă (a se vedea, de exemplu, lucrarea noastră *Gîndirea algoritmică*, Editura Tehnică, 1982), dar ne vom referi acum la un aspect diferit al ei, bazîn- dune pe achiziţiile biologiei moderne. Generalul este controlat cu precădere de emisfera cerebrală stingă iar particularul de cea dreaptă. Generalul nu este numai al ştiinţei, ci al întregii activităţi raţionale, bazate pe limbaj. Particularul este al intuitivului. Nemulţumirea lui Constantin Noica (a se vedea ciclul său dp *ScŢisoŢi despre logică* publicat în revista „Viaţa Românească", 19§1—1985) faţă de incapacitate^ logicii âristotelipe ele a da se^ma despre faptele individuale vizează un fapt mai. general. Orice abordare raţională are darul de a transforma individualul în categorial. Uneori această transformare este explicită, forma supremă a acestei explicitări fiind gîndirea algoritmică, pe care se bazează activitatea

calculatoarelor electronice şi a tuturor celorlalte tipuri de automate cu care ne întîlnim azi la tot pasul.

Investigaţia istorică este şi ea bogată în astfel de abordări. Aici intră toate statisticile care comportă un volum mare de calcul şi care dau seama de situaţia economică, socială, demografică etc., în anumite perioade şi regiuni, dar pe lîngă aceste aspecte de rutină intră tot aici şi unele aspecte logice şi combinatorii pe care, cunoscîndu-le în principiu, nu le putem face efective fără acele proteze pe care tehnica modernă ni le pune la dispoziţie, de cîteva decenii, sub forma calculatoarelor electronice. Un exemplu semnificativ îl constituie cartea lui Dom Froger *(La critique des textes et son automatisation,* Dunod, Paris, 1957), unde cu ajutorul teoriei matematice ă grafurilor sînt prezentate proceduri de analiză algoritmică pe care R. Marichal, în prefaţa cărţii lui Froger, le califică esenţiale pentru compararea textelor, utile în stabilirea unor genealogii, încă inoperante în actul de colaţionare. Dacă ţinem seamă de faptul că documentele istorice sînt, in multe cazuri, texte, realizăm uşor importanţa gîndirii algoritmice în istorie. De altfel, într-un paragraf anterior am prezentat unele cercetări importante de acest tip, efectuate la noi în ţară, în studiul unor probleme de paternitate privind cronicile româneşti.

De cele mai multe ori însă, naraţiunea istorică transformă de o manieră implicită şi indirectă faptul individual în unul categorial. După cum arată Paul Ricoeur (*Temps et Râcil,* tome I, Editions du Seuil, Paris, 1983), în naraţiune se manifestă trei tipuri de raporturi temporale : cu timpul acţiunii şi trăirii, cu timpul de7.voltării intrigii (conflictului) şi cu timpul lecturii..

Aceste .aspecte pot fi urmărite atît în istorie ci.t şi în ficţiune. Dedicindu-se, în primul volum al cărţii sale, naraţiunii istorice, Ricoeur accentuează funcţia ei explicativă, de înţelegere, ceea ce conduce la o raţionalitate de natură tocmai să transforme individualul în categorial (esenţial ni se pare aici cel de al treilea tip de raport temporal pus în evidenţă de Ricoeur, timpul lecturii). Se ajunge astfel la o situaţie foarte complexă, de estompare a graniţei dintre discursul istoric şi discursul de ficţiune, fapt care ar putea să ducă la un schimb fructuos de metode şi idei intre discipline care pînă nu de mult.se ignorau reciproc.

în această ordine de idei, trebuie să amintim şi organizarea propusă de Cesare Segre *(Le strutlure e il tempo,* Einaudi, Torino, 1974 ; *Leu structures narratives et l'histoire,* „Revue Roumaine de Linguistique", voi. 21, 1976, no. 3, p» 351—358), după care un text narativ poate fi văzut sub cel puţin patru aspecte : discursul (care pune în joc elemente lingvistice şi stilistice, eventual metrice), intriga (care angajează o tehnică a expunerii, construcţiei şi montajului povestirii), fabula sau naraţiunea (care se compune din material antropologic, incluzînd şi mitologii vechi şi noi, teme, motive etc.) şi modelul narativ (cuprinzînd funcţiile, adică elemente invariabile care pot fi selectate şi înlănţuite în mod diferit, dar trebuind să asculte de constrîngeri puternice, de natură cronologică şi logică, inclusiv o logică a acţiunii). Este păcat că Ricoeur nu şi-a confruntat reprezentarea sa cu cea a lui Segre (la care nu face nici o referinţă, dar cu care prezintă evidente puncte comune). Dar atît reprezentarea unui hermeneutician ca Ricoeur cît şi aceea a unui semiotician ca Segre ne ajută

să înţelegem într-o lumină nouă teoria lui Xeno- pol a seriilor istorice, după cum vom. vede;* într-un paragraf ulterior.

Ne aflăm aici într-un punct fierbinte al discuţiilor privind obiectul istoriei ca ştiinţă ; în această ordine de idei pot fi menţionaţi mulţi autori români, mai toţi raportîndu-se la Xenopol. îi avem în vedere atît pe istorici cît şi pe filosofi. Putem cita lucrarea colectivă, coordonată de L. Boicu şi Al. Zub *(A. D. Xenopol. Studii privitoare la viaţa şi opera sa,* Editura Academiei R.S.R., 1972), lucrarea lui Alexandru Tănase şi Victor Isac *(Realitate şi cunoaştere în istorie,* Editura Politică, 1980), pentru a nu mai vorbi de contribuţiile clasicilor istoriei româneşti, de la Nicolae Iorga la Vasile Pârvan. Ne vom referi, însă, în mod special, în paragraful următor, la ideile lui Athanase Joja, care realizează o sinteză a discuţiilor despre natura faptului istoric.

De la Xenopol la Ferdinand de Saussure

Athanase Joja *(Teoria ştiinţei la Xenopol,* în „Studii de logică", voi. 2, Editura Academiei R.S.R., 1956) se opreşte asupra modului în care Xenopol repartizează fenomenele în patru clase, în raport cu situaţia lor în spaţiu şi timp : 1) fenomene universale în spaţiu şi timp, cum ar fi rotaţia şi revoluţia planetelor sau faptele psihologice şi logice ale gîndirii ; 2) fenomene universale în ceea ce priveşte timpul, dar individuale spaţial, cum ar fi inelele planetei Saturn ; 3) fenomene universale în spaţiu, dar individuale în timp, cum ar fi cele care fac obiectul zoologiei, paleontologiei şi. teoriei descendenţei ; 4) fenomene individuale în timp şi spaţiu, care sînt fenomenele

istorice propriu-zise. Rezultă de aici o clasificare a ştiinţelor în două mari categorii, după cum se ocupă de fenomene care comportă modificări relevante sau irelevante în timp. Primele sînt ştiinţele istorice (care pot fi ale naturii sau ale societăţii, ale materiei sau spiritului), celelalte sînt ştiinţe ale fenomenelor ."e-lativ independente dp timp. ştiinţe ale repetiţiei (la rîndul lor putînd fi ale materiei sau ale spiritului). Distingem totodată două grade de istoricitate, corespunzătoare respectiv tipurilor 3 şi 4.
Dar, dacă Joja aderă la filosofia lui Xenopol privind spaţiul şi timpul ca forme reale şi obiective ale universului (în contrast cu reprezentarea lor la Kant) şi la înţelegerea istoriei ca domeniu al faptelor singulare, el se află într-un profund dezacord cu Xenopol în ceea ce priveşte capacitatea istoriei de a aborda cauzalitatea faptului istoric. Pentru Joja, singularul poate deveni obiect al cercetării ştiinţifice prin subsumarea sa la universal. Dar care este mecanismul acestei subsumări ? Nu un *regressus in mfiniium,* o întoarcere verigă cu verigă pînă la trecutul îndepărtat, în aşa fel încît, pentru a explica domnia lui Carol I în România, să fie nevoie să mergem înapoi pînă la împăratul Traian. în locul acestei mişcări preponderent temporale, analitice, sintagmatice, Joja propune o alta, preponderent paradigmatică, globală şi angajind doar contextul temporal imrdiot. astfel încît, de exemplu, faptul particular al domniei lui Napoleon este subsumat fenomenului general al dezvoltării capitalismului. Pentru Joja, istoria devine transparentă,

inteligibilă, prin această raportare a faptelor ei singulare, particulare, la fenomene generale, universale

.înţelegem astfel că, în timp ce Xenopol se referă la explicaţiile cauzale cu care ne-au obişnuit ştiinţele naturii şi constată incompatibilitatea lor cu faptul istoric, Joja elaborează un alt concept de explicaţie cauzală, specific faptului isterie. Xenopol este obsedat de distincţia dintre cauzalitate şi legitate, prima aparţinînd numai fenomenelor de repetiţie, a doua exprimîndu-se fie prin cauzalitate fie prin serii istorice. Joja recunoaşte că există o deosebire între cauză şi lege, dar refuză să le opună, deoarece, pentru el, în absenţa cauzei legea nu mai este posibilă. Pentru Joja, legile istorice există cu aceeaşi legitimitate cu care există legile naturii, dar identificarea lor este mai dificilă deoarece faptul istoric este impregnat de fenomene contingente şi subiective. Xenopol are deci un alt concept de lege istorică decît cel propus de Joja. Pentru Xenopol, istoria se compune din trei factori : partea generală ; *legea* (care, de exemplu, în cazul războiului ruso-turc este legea instinctului de conservare, sub forma luptei pentru existenţă); partea succesivă, *seria* şi partea individuală, *faptul particular.* Dar prin invocarea unor legi atît de abstracte şi atît de generale, care nu pot explica ele singure faptul istoric, Xenopol neagă existenţa unor legi ale istoriei, referin- du-se numai la legi generale care, tocmai pentru că sînt generale, sînt valabile şi în istorie. Cum spune Joja, aceste legi, vrînd să explice totul, nu explică nimic. Insă Xenopol nici nu consideră că o ştiinţă este obligată să explice fenomenele pe care le studiază ; ea trebuie numai să le generalizeze şi să **le** dovedească, să le demonstreze, să

conducă la o cunoaştere sigură şi sistematică, Această viziune în aparenţă bizară este totuşi contrazisă de o alta, tot a lui Xenopol, pe care el nu a elaborat-o suficient, pentru a-i dezvălui consecinţele. Este vorba de înţelegerea conceptului de *serie care înlănţuie fapte singulare;* concept pe care-l vom discuta într-un paragraf următor.

Teoria lui Xenopol şi ecourile ei pot fi privite într-o lumină nouă cu ajutorul distincţiilor operate în lingvistica modernă, începînd cu Ferdinand de Saussure. Mai mulţ, confruntarea ideilor lui Xenopol cu cglp aje părintelui lingvisticii sţriţcţuraje pune în evidenţă două moduri oarşcvirn complementare de a vedea lumea. Cpi doi auţoţu au fost contemporani, dar eşte aproape sigur că s-au ignorat reciproc. Ca au lingvist, Ferdinand de Saussure nu era probabil înclinat să examineze o teorie care aparţinea unui domeniu destul de diferit ca cel al istoriei. In ceea ce-l priveşte pe Xenopol, el n-avea cum să cunoască teoria lui Ferdinand de Saussure, al cărui curs a fost publicat, după cum se ştie, abia după moartea acestuia, într-un moment în care Xenopol se afla la sfîrşitul activităţii sale, cînd, chiar dacă ar fi luat cunoştinţă de ideile lui F. de Saussure, nu mai avea posibilitatea de a se prevala de ele.

O lectură actuală însă nu poate eluda confruntarea acestor doi autori, de o semnificaţie metodologică deosebită. Mai întîi să observăm că atît Xenopol cit şi Saussure pun accentul pe *diferenţe.* „în limbă nu există decît diferenţe", observă F. de Saussure. în mod analog, Xenopol

consideră că în faptele de succesiune, deci în istorie, nu similarităţi le, oi diferenţele sînt pertinente. Ceea ce contrastează însă la cei doi autori este faptul că, în timp ce F. de Saussure sugerează că *in general* în ştiinţă relevante sînt opoziţiile, diferenţele, Xenopol trasează o graniţă între faptele de repetiţie, unde există similarităţi pertinente, care conduc la generalizări şi la legi (diferenţele fiind în schimb neglijabile) şi faptele de succesiune, unde similarităţile sînt neglijabile (făcînd astfel imposibile generalizările şi legile), iar diferenţele pertinente. Acest contrast devine mai explicit în momentul în care Xenopol afirmă că faptele sociale prezintă două aspecte : unul de *coexistenţă,* care se descrie prin *similarităţi,* şi altul de *succesiune,* care se descrie prin *diferenţe.* în termenii lui F. de Saussure, aceasta ar însemna că sub aspect sincronic faptele sociale interesează prin ceea ce au ele comun, în timp ce sub aspect diacronic ele interesează prin ceea ce se deosebesc ; dar istoria reţine numai aspectul diacronic

.Dacă recurgem la o altă dihotomie importantă a lingvisticii structurale, aceea dintre paradigmatic şi sintagmatic sau dintre alegere şi contiguitate (pentru a folosi terminologia lui Roman Jakobson), putem imagina un pătrat în care vîrfurile din stingă corespund sus paradigmaticului şi jos sintagmaticului, iar vîrfurile din dreapta corespund sus similarităţilor şi jos diferenţelor. Pentru Xenopol, latura de sus a pătratului este relevantă în fenomenele de repetiţie, iar cea de jos în cele de succesiune. Dar acest pătrat are şi două diagonale, pe care Xenopol, identificînd paradigmaticul cu sincronicul şi sintagmaticul cu diacronicul, le consideră irelevante, nerecunoscînd interesul diferenţelor dintre fenomene coexistente, nici cel al similarităţilor între fenomene succesive. Prin contrast, întreaga tradiţie care începe cu F. de Saussure şi trece prin N. S. Trubetzkoy, J. Cantineau, L. Hjelmslev, Roman Jakobson accentuează rolul opoziţiilor sincronice, deci intre fenomene coexistente (fără a nega şi fără a neglija rolul opoziţiilor dintre fenomene suc- ccsive) şi al similarităţilor dintre stările la momente diferite ale evoluţiei unui sistem (fără a nega şi fără a neglija diferenţele dintre ele).

După cum s-a putut vedea mai sus, sincronicul a fost echivalat cu paradigmaticul, iar diacronicul cu sintagmaticul. Această echivalare corespunde concepţiei lui Xenopol; în fapt însă, sintagmaticul nu este totdeauna diacronic, iar paradigmaticul nu se reduce la relaţii de similaritate, cum se întîmplă la Xenopol. Prin această sărăcire a paradigmaticului şi datorită nesesizării pertinenţei sale în raport cu faptul istoric, Xenopol ratează şi laturile verticale ale pătratului de mai sus, deci mişcarea

dintre paradigmatic şi sintagmatic, dintre iconic şi indicial. Insă aceste ratări sînt în bună măsură compensate de fecunditatea reprezentării istoricităţii prin forme seriale, reprezentare despre care vom discuta în continuaţ-e,

Istoria ca serialitate

Referindu-ne la metafora geometrică a pătratului, propusă în paragraful anterior, putem spune că Xenopol reduce istoria la latura inferioară a acestui pătrat. Dar ceea ce se întîmplă pe această latură este atît de interesant, din punctul de vedere al sugestiilor pe care le oferă *astăzi,* încît este necesară o analiză mai atentă.

In polemica sa cu Lacombe, Xenopol, refe- rindu-se la seriile sale istorice, observă că istoria nu poate explica rezultatele la care ajung aceste serii decît descriind chiar aceste serii. Astfel ajunge el la opoziţia dintre predominanţa legilor transversale în ştiinţele faptelor de repetiţie şi predominanţa seriilor longitudinale în ştiinţele faptelor succesive. Distingem aici opoziţia dintre *lege* şi *serie* şi opoziţia dintre *transversal* şi *longitudinal.* Cea de a doua opoziţie revine la aceea dintre *sincronic* şi *diacronic* sau (echivalent la Xenopol) dintre *paradigmatic* şi *sintagmatic.* Cea dintîi opoziţie exprimă esenţa deosebirii dintre cele două ca- tegorii de ştiinţe. Xenopol distinge între legi abstracte (de tipul legii gravitaţiei) şi legi concrete (cum ar fi legea revoluţiei astrelor, după care ariile descrise de razele vectoare sînt proporţionale cu timpul), pretinzînd că, în timp ce în ştiinţele fenomenelor de repetiţie funcţio- nează legi de ambele tipuri, în ştiinţele fenomenelor de succesiune funcţionează numai legi abstracte, cele concrete fiind înlocuite prin serii. Deci nu avem legi ale

istoriei ca atare, mar- cînd diferenţa lor specifică, ci numai legi generale, ale genului proxim. Explicaţia acestei deosebiri ar sta în faptul că în timp ce în primele ştiinţe forţele şi circumstanţele au un caracter general relativ constant, în celelalte ştiinţe circumstanţele se schimbă mereu, tocmai aceste schimbări fiind surprinse prin seriile istorice. Faptele fiind mereu diferite, nu poate fi formulată o lege de producere a lor.

Constatăm astfel cel puţin două restricţii puternice care operează în gîndirea lui Xenopol. Reducerea realităţii istorice la nivelul percepţiei senzoriale şi condiţionarea legilor de operaţia de generalizare (operaţie care, la rîndul ei, este condiţionată de existenţa similarităţilor relevante). De aici decurge prăpastia care apare la Xenopol între *lege* şi *cauză* în istorie, legea în istorie fiind totdeauna generală, abstractă, deci ţinînd nu propriu-zis de realitatea istorică, ci de realitatea naturală căreia îi este ea subsumată, cauza putînd fi însă şi relativă la fapte concrete, individuale. A. Joja a sesizat foarte bine această limitare a gîndirii lui Xenopol, argumentînd un anume mod în care ea poate fi depăşită. în ceea ce ne priveşte, dorim să arătăm că un alt mod de a depăşi limitările semnalate îl constituie exploatarea sugestiilor şi virtualităţilor conţinute chiar în conceptul lui Xenopol de serie istorică. Cind Xenopol afirmă, într-un articol de o deosebită forţă sintetizatoare (*Les faits de rcpetition et les faits de succession,* „Revue de synthese historique", octobre 1900, voi. 1, no. 2, p. 121—136) că „unii autori (în special sociologi) au căutat un compromis între legile de repetiţie şi seriile istorice, căutînd să descopere acelaşi *mod de succesiune* (s.n.) a anumitor fenomene la diferite popoare, triburi sau rase şi,

generalizînd acest mod de succesiune au creat pretinsele legi sociologice" (ioc. *cit.,* p. 135), tot el se grăbeşte să descurajeze această încercare, afirmînd, o pagină mai departe, că „orice încercare de a formula legi istorice, prin generalizarea unor serii diferite, este o întreprindere himerică".Examinată însă cu' ochii de azi, ai unei experienţe centenare de logică matematică, semiotică şi lingvistică structurală (îi avem în vedere cu precădere pe David Hilbert, pe Ch. S. Peirce şi pe Noam Chomsky), serialitatea lui Xenopol conţine în structura ei imanentă' *reşiila,* adică o anumită transformare, o anumită substituţie cu caracter iterativ, care indică în ce mod (*modul de succesiune* al lui Xenopol) se succed termenii într-o serie. Desigur, nu putem confunda seria istorică a lui Xenopol cu conceptul matematic de serie. Seriile istorice sînt aparent finite, pe cînd seriile matematice sînt efectiv infinite. De fapt, este vorba aici nu atît de serii cît de ceea ce în analiza matematică se înţelege prin *şiruri ;* seria este acel şir în care termenii sînt legaţi prin operaţia de adunare. Putem eventual să considerăm că seriile lui Xenopol sînt şiruri în care termenii sînt legaţi prin operaţia de concatenare. Dar întrebarea-cheie rămîne : sînt seriile lui Xenopol finite numai în expresia lor, în structura lor de suprafaţă sau păstrează această finitudine şi în structura lor profundă?

In polemica sa cu marele matematician E. Picard (A. D. Xenopol, *De la methode dans les sciences et dans Vhistoire,* „Revue internaţionale de l'enseignement", Paris, 1910, p. 3—16), Xenopol susţine că posibilitatea de a prevedea un fenomen nu presupune neapărat şi posibiltatea de a-l explica (se poate totdeauna prevedea, de exemplu, că un element de clor adăugat protoclorurii de mercur o va

schimba pe aceasta din urmă într-o otravă violentă ; sau că belladonna luată în doză mare provoacă nebunia ; dar explică aceste previziuni fenomenul ?). Cauza este totdeauna extrinsecă fenomenului sau legii oare-l generalizează. Cauza nu poate fi găsită decît într-o altă lege sau într-un alt fapt. Tocmai aici vede Xenopol „deosebirea dintre legea unui fenomen şi cauza acestuia, deoarece cauza unei legi, departe de a fi dată prin ea însăşi, nu este totdeauna conţinută într-o altă lege, putîndu-se afla într-o circumstanţă individuală" sînt aduse aici unele exemple din fizică), nsă această situaţie se referă la ştiinţele faptelor de repetiţie. Altfel, crede Xenopol, se întîmplă în ştiinţele faptelor de succesiune (în special în geologie, în trecerea de la preistorie la istorie etc.), unde „cercetarea cauzelor urcă, prin înlănţuirea faptelor de evoluţie, la infinit...". Drept consecinţă, Xenopol crede că aşa după cum, pentru a explica apariţia şi evoluţia omului, ar trebui să parcurgem toată filiera fiinţelor vii, pînă la originea vieţii, pentru a explica Revoluţia franceză „trebuie urmărită istoria înapoi etapă cu etapă pînă la originea societăţii". De aici, Xenopol conchide în polemică deschisă cu matematicianul E. Picard (după care naraţiunea istorică, ne- făcînd decît să relateze o evoluţie, nu este aptă să precizeze cauzele) că „explicaţia cauzală, dată numai excepţional pentru faptele de repetiţie, este foarte frecventă (se rencontre presque toujours) în cele de succesiune". Istoria este, pentru Xenopol, „expunerea cauzală a unei dezvoltări".

Multe sînt de spus pe marginea acestui mod de a vedea istoria, în care cauzalitatea ar fi tot timpul la ea acasă, fără însă a avea accesul la legi decît sub forma lor generală, abstractă, nespecifică. Modul de referire la Revoluţia franceză

contrastează cu cel întîlnit, în zilele noastre, la Adam Schaff (*Geschichte und Wahrheit,* Europa Verlag, 1970 ; versiune românească sub titlul *Istorie şi adevăr,* Editura Politică, Bucureşti, 1982) care, ocupîndu-se de marea varietate de interpretări date Revoluţiei franceze, pune accentul nu pe cele întîmplate anterior acestui eveniment, ci concomitent şi ulterior ei. La întrebarea de ce aproape fiecare generaţie îşi are viziunea ei proprie asupra procesului istoric, Schaff răspunde în două feluri, sistematizînd astfel numeroase cercetări întreprinse în secolul nostru: 1) reinterpretarea istoriei este o funcţie a nevoilor prezentului ; 2) reinterpretarea istoriei este o funcţie a efectelor evenimentelor trecutului, efecte ivite în prezent.

Dacă primul răspuns accentuează rolul *interesului* în interpretarea faptului istoric, cel de al doilea accentuează dubla orientare cauzală a faptului istoric; efect al unor cauze şi cauză a unor efecte. Ducînd la extrem viziunea exprimată de cel de al doilea răspuns de mai sus, I. Aluaş şi H. Daicoviciu afirmă *(In legătură cu noţiunea de fapt istoric,* „Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Philosophia", Cluj, 1966, p. 30) : „Cunoaşterea de *tip istoric* este totdeauna o cunoaştere care merge de la *efecte* la *cauze".* Pe drept cuvînt, Alexandru Tănase şi Victor lsac *(Realitate şi cunoaştere în istorie,* Editura Politică, Bucureşti, 1980, p. 19) aduc aici echilibrul necesar : „Noi cunoaştem, e adevărat, un fapt istoric şi însemnătatea sa în mare măsură prin consecinţele pe care le-a produs. Dar la înţelegerea sa, la o explicare cît mai comprehensivă nu vom putea ajunge limitîndu-ne la consecinţe şi ignorînd cauzele...". Desigur, problema se complică dacă ţinem seamă de faptul că inter-

pretarea cauzelor influenţează interpretarea efectelor şi invers. în acelaşi timp, între cele două tipuri de răspunsuri la care se referă Schaff, nu cumva există o profundă legătură ? Nu cumva cauzele şi efectele evenimentelor trecutului sînt interpretate şi reinterpretate în funcţie de nevoile prezentului ? Iar nevoile prezentului sînt ele omogene sau sînt tot atît de eterogene şi contradictorii cît de eterogen şi contradictoriu este prezentul însuşi ? Ajungem astfel din nou la rolul *interesului* în interpretarea istoriei.

Istoria ca text

Să ne întoarcem la seriile lui Xenopol, la modul în care ele înregistrează cele discutate în paragrafele anterioare. Deosebit de interesantă este intuiţia prelungirii la infinit a seriilor (care, în forma lor explicită, atestată, sînt finite); „Singura problemă care rămîne deschisă este dacă aceste serii pot fi la rîndul lor supuse unei operaţii de generalizare comparativâ, cilm vrea s-o îaca sociologia, sau cumva seriile îşi păstrează semnificaţia lor prin extensiune în timp şi prin limitare in spaţiu", iar mai departe : „seriile nu se repetă, ele se continuă", „nu putem prevedea fenomenele viitoare ale dezvoltării; putem numai întrevedea direcţia pe care seriile o vor urma în viitor". Mai cu seamă în ultimul citat este uimitoare intuiţia unei *reguli* care prezidează structura unei serii, explicînd modul de trecere de la un termen la cel următor lui. După Xenopol, nu există legi ale dezvoltării în timp, există numai succesiuni de cauze şi efecte care se constituie în serii. Dispunem aici de toate elementele pentru a putea afirma că seriile, la Xenopol, sînt o reprezentare esenţialmente liniară (concomitenţa fiind pusă între paranteze, relevantă fiind

numai succesiunea) a dezvoltării istorice, sesizată prin segmente finite, dar nemărginite. Rezultă că seriile istorice ale lui Xenopol sînt infinite, dar numai potenţial, nu şi actual. Nici o serie istorică nu este încheiată, dar orice stadiu al ei este finit. Posibilitatea de a continua o serie la infinit în cele două sensuri (spre trecut şi spre viitor) este recunoscută, dar realizarea acestei prelungiri nu poate deveni efectivă.

Este deci clar că esenţiale în acest proces sînt modalităţile prin care trecem de la o serie de lungime *n* la alta de lungime *n* -f *1.* Deosebirea faţă de seriile matematice n>i poate scăpa. O serie matematică este dată prin primul ei termen şi prin modul în care trecem de la un termen generic la cel următor. Uneori se indică direct forma termenului general. O serie istorică este dată printr-un număr finit de segmente finite şi printr-un repertoriu, în general infinit, dar niciodată explicit de posibilităţi de prelungire a acestor segmente la stînga (deci în trecut) şi la dreapta (deci în viitor). O analogie din domeniul sportului ne poate veni în ajutor. Să considerăm şirul diferitelor performanţe realizate pînă azi la proba de sărituri în înălţime bărbaţi. Acest şir este astă/i, 24 septembrie 1985, altul decît cel care a fost în urmă cu un an, la rindul său altul decit în urmă cu 5 ani etc. Forma acestor şiruri în viitor nu poate fi anticipată, fiind deschisă unei infinităţi de posibilităţi (toate co- respunzînd unor şiruri crescătoare). Nu se pune problema găsirii termenului general al unui astfel de şir, ci problema diferitelor lecturi posibile ale şirurilor finite, parţiale, cunoscute, o lectură fiind aici o prelungire infinită, cu ajutorul unei reguli generative ; dar pentru ca o regulă să conducă la o atare prelungire este nevoie ca ea s-â fie recursivă, căpătînd astfel capacitatea de a

fi iterată nelimitat (chiar dacă, la orice moment, iterarea nu a avut loc decît de un număr finit de ori).

Pentru detalii asupra acestor chestiuni, trimitem pc cititori la unele lucrări anterioare (cap. V şi VIII din volumul Solomon Marcus, coordonator, *La semiotique jormelle du jol- klore,* Klincksieck, Paris — Editura Academiei, Bucureşti, 1978 ; Solomon Marcus, *La lectura generative,* „Degres", no. 28, 1981, unde lectura generativă este examinată in ceea ce priveşte textele narative, cu precădere basmul fantastic). Dar argumentarea noastră tocmai aici a vrut să ajungă : la ideea că seriile istorice ale lui Xenopol reprezintă, din perspectiva pe care o oferă teoriile moderne ale narativităţii, o *viziune textuală* asupra istoriei. *Istoria este un text,* parc-ar vrea să ne spună Xenopol. Acum, cînd descifrăm în sfîr- şit acest mesaj în lumina a tot ceea ce teoria textului a putut acumula sub aspect conceptual şi metodologic, consecinţele par imense, des- chizînd un vast cîmp de investigaţii pe care nu ne propunem nici măcar să-l schiţăm în paragraful de faţă. Xenopol nu dispunea însă de conceptele, instrumentele şi limbajul care să-i fi permis să expliciteze natura textuală a istoriei. Numai că „a întrevedea direcţia pe care seriile a vor urma în viitor", aşa cum cerea Xenopol, revine la a inventa acele recursi- vităţi care simulează prelungirile seriilor, iar recursivităţile sînt modalităţi de a genera repetiţii, chiar dacă numai potenţiale. Aşa se face că repetiţiile pe care Xenopol le elimină (şi aceasta numai parţial, deoarece el a recunoscut că unele repetiţii sînt semnificative şi trebuie reţinute de istorie, cum am amintit de altfel şi într-un paragraf anterior) din dezvoltarea istorică

revin într-o formă implicită, dar inevitabilă, în prognoza istorică. Faptele sînt, desigur, mai complicate. Interacţiunea cauzelor şi efectelor, în seriile istorice şi în modul în care ele se propagă, întocmai unor organisme filamentoase, include atît viziunea istoriei ca procedare de la cauze la efecte, cît şi viziunea ei ca suire de la efecte la cauze.

înţelegem astfel mai bine şi locul subiectivităţii în istorie, în viziunea lui Xenopol; subiectivitatea apare, în mod esenţial, tocmai în modul de reprezentare a diferitelor lecturi posibile ale seriilor istorice şi în modul de alegere a uneia sau alteia dintre aceste lecturi. Recitind acum reprezentările propuse de Se- gre şi de Ricoeur şi revăzînd şi interpretările propuse de Joja, constatăm că aceste viziuni, în ciuda eterogenităţii lor, se racordează uneori, se sprijină şi se completează, chiar dacă diferă uneori prin problematică, prin concepţie, prin limbaj, prin accente şi sublinieri

.Din punct de vedere semiotic, putem deci spune că la Xenopol, în timp ce fenomenele de repetiţie stau sub semnul iconicului şi al generalizărilor prin relaţii de echivalenţă şi prin legi, ca expresie a necesarului, fenomenele de succesiune sînt reglementate în primul rînd prin semne indiciale, reflex al relaţiilor cauză-efect, efect-cauză, ca expresie a contingentului. Joja adaugă dimensiunea paradigmatică, restabilind verigile necesare legăturii dintre cauză şi lege, în istorie ; alţi autori propun orientări într-un sens sau altul sau bilaterale pe axa temporală a cauzelor şi efectelor (Aluaş-Daicovicriu, Schaff, Tănase, Isac etc.).

Segre şi Ricoeur contribuie la aducerea într-o albie comună a narativităţii istorice şi a celei de ficţiune. Dar echilibrul dintre repetiţie şi succesiune, dintre naraţiune şi prognoză poate fi obţinut, în ceea ce priveşte istoria, printr-o viziune generativă, textuală, în care infinitul potenţial ocupă un loc esenţial, ca verigă de legătură între finitul performanţei istorice şi infinitul actual al competenţei narative ; între singularitatea termenilor unei serii istorice şi generalitatea tipurilor de recursivitate pe care succesiunea acestor termeni le sugerează. Amintim aici că în cartea noastră asupra semioticii formale a folclorului, cap. V, primul tip de segmentare narativă, în evenimente, conduce la serii xenopoliene deoarece două evenimente distincte nu sînt niciodată identice ; abia segmentările ulterioare, care acceptă atît similarităţi pertinente cît şi diferenţe pertinente, conduc la reguli generative de prelungire infinită. La Xenopol se întîmplă invers ; preconizînd caracterul nelimitat al seriilor istorice, deci infinitatea lor potenţială, el face nu numai posibilă, dar şi necesară o anumită clasificare a evenimentelor, deci anumite fenomene de similaritate, deci de repetiţie, pe care atît de mult le-a repudiat, dar care îşi fac loc inevitabil în dezvoltarea istorică.

PROVOCAREA INDICATORILOR SOCIALI

Introducere

Studiile dedicate indicatorilor sociali se remarcă, pe de o parte, prin numărul lor mare, pe de altă parte, printr-o oarecare lipsă de varietate. Sînt abordate mai ales aspectele economice, monetare, demografice şi mai puţin cele ale bunăstării. Or, în ultimii ani, un interes din ce în ce mai mare este arătat unor indicatori paneconomici cum sînt : nivelul de viaţă, calitatea vieţii, dezvoltarea socială şi umană, schimbarea socială. Din păcate însă, această lărgire a ariei de interes nu a fost însoţită sau măcar urmată de o amplificare corespunzătoare a cercetărilor teoretice şi metodologice cu privire la indicatori. Cele mai multe dintre date sînt disponibile numai sub formă statistică şi deci se referă doar la aspecte cantitative. Dar statisticile, aşa cum se ştie prea bine în matematică, sînt deseori înşelătoare, derutante, pot deveni un instrument de manipulare. Cei mai mulţi indicatori sînt produşi în exclusivitate de către factorii de decizie, de persoane sau organizaţii internaţionale. Aceasta face ca o mare parte dintre indicatori să fie prezentaţi într-un jargon specific, într-o formă tehnică, uneori neinteligibilă pentru cei mai mulţi nespecialişti.

Astfel, indicatorii sociali ridică importante probleme ^«s comMnieare, nu au fost însă niciodată abordate într-un mod sistematic, explicit. Mai mult chiar, în majoritatea cercetărilor din domeniul indicatorilor sociali se poate lesne observa o oarecare lipsă de generalitate, de perspectivă teoretică, de cadru metodologic. Eterogeneitatea procedeelor, caracterul ad-hoc al multor investigaţii fac dificilă legarea diferitelor fapte individuale de unele ipoteze şi concepte fundamentale, fac dificilă obţinerea de evaluări comparative, precum şi organizarea indicatorilor în diverse tipuri de sisteme.

în cele ce urmează ne propunem două obiective : a. încadrarea domeniului indicatorilor sociali în domeniul mai larg al semioticii ; b. Crearea unor premise pentru aprofundarea şi extinderea abordării matematice a indicatorilor. Această extindere ar putea oferi posibilitatea de a înţelege şi de a utiliza nu numai indicatorii probabilişti, ci şi pe cei de- terminişti, nu numai indicatorii cantitativi, ci şi pe cei calitativi (logici, topologici etc.), nu numai indicatorii analitici, dar şi pe cei sintetici şi holistici, nu numai mulţimi de indicatori, ci şi sisteme de indicatori.

Evident, nu vom nega importantele realizări obţinute deja în cadrul cercetărilor legate de indicatorii sociali. Ar fi o greşeală să punem eşecurile în abordarea proceselor de dezvoltare doar pe seama defectelor indicatorilor existenţi. Johan Galtung *(The true worlds. A transnaţional perspective.* The Free Press, New York, 1980) merge chiar mai departe, susţinînd că indicatori există deja din abundenţă, problema

constă în dorinţa de a-i folosi. Noi susţinem doar că, în raport cu nivelul teoretic şi metodologic ridicat din alte domenii de cercetare, domeniul indicatorilor sociali este mai puţiti dezvoltat. Acest decalaj *poate* fi eliminat sau măear redus.

Indicatorii sînt semne

Să ne amintim cîteva din definiţiile date noţiunii de indicator (unele dintre ele sînt enumerate de M.S.V. Rao, K. Porwit, N. Baster *(Indicators of humori and social development: Report on the state of the art,* The United Na- tions Univ., Programme document HSDPD-8/ UNUP-10, Tokyo, 1978). „Un indicator este ceva ce descrie altceva" (Mac Granahan). M.S.V. Rao (*Concepts, scope and methodology of development indicators,* in Rao-Porwit-Bas- ter, op. cit., p. 77—101) observă că „deşi termenul *indicator* este folosit deja de destul de mult timp, el nu pare a fi fost încă definit de o manieră precisă ; nu are un loc în statistica teoretică, dar a fost deseori utilizat în practică pentru a denumi serii asociate tendinţelor curente". Pentru R. A. Bauer, indicatorii sociali sînt „statistici, serii statistice şi orice alte forme de înregistrare care ne dau posibilitatea să stabilim, în raport cu obiectivele noastre, unde ne aflăm şi încotro ne îndreptăm", în timp ce scopul indicatorilor sociali este de a furniza „o bază de planificare pentru deciziile viitoare". Pentru A. D. Biderman, indicatorii sociali sînt simple date cantitative care servesc ca indici pentru aspectele sociale importante ale societăţii. Martin T. Kazman şi Doris Holleb văd în indicatorii sociali măsuri ale fenomenelor sociale ; Kenneth C. Land deosebeşte indicatorii descriptivi (definiţi ca măsuri ale produselor finale ale

proceselor sociale sau ale condiţiilor sociale ale existenţei umane şi ale schimbărilor care au loc în interior) de indicatorii analitici (definiţi drept componente ale modelelor conceptuale explicite ale proceselor sociale din care rezultă valorile indicatorilor descriptivi de ieşire).

Departamentul S.U.A. pentru Sănătate, Educaţie şi Bunăstare defineşte indicatorii sociali ca o măsură directă a bunăstării, susceptibilă de a fi interpretată astfel : dacă **un anumit** lucru se schimbă în direcţia dorită, în timp ce celelalte lucruri rămîn neschimbate, atunci lucrurile merg mai bine sau oamenii sîttt mai mulţumiţi. Astfel, statisticile cu privire la numărul de medici sau de poliţişti nu pot fi indicatori sociali, în timp ce cifrele oglindind starea sănătăţii sau rata crimelor ar putea fi indicatori sociali. In Raportul Naţiunilor Unite „Towards a System of Social and Demographic Statistics", indicatorii sociali sînt definiţi drept constructe, întemeiate pe observaţii, avînd în general un caracter cantitativ şi care descriu un aspect oarecare din viaţa socială sau schimbările care se produc în societate. Oficiul pentru Statistică al Naţiunilor Unite defineşte indicatorii economici şi sociali ca „serii de date relative la stocuri şi fluxuri, desemnate să măsoare aspectele economice şi sociale care intervin în momentul analizelor şi luării de decizii". Rao subliniază faptul că un indicator este o cantitate care, prin modificările sale, descrie modificările unor aspecte imposibil de măsurat direct sau de observat practic.

Elementele de mai sus sînt suficiente pentru a înţelege cît de sbrînsă este legătura dintre conceptul de *semn* şi conceptul de *indicator social.* Să ne

amintim doar că părintele semioticii, Charles Saunders Peirce (*Collected Papers,* Harward Univ. Press, Cambridge, 3 volume, 1931—1935 ; a se vedea şi Umberto Eco, *Semiotics : A discipline or an interdisci- plinary method ?* In : "Sight, Sound and Sense , ed. Th. A. Sebeok, Indiana Univ. Press, Bloomington, 1978, p. 73—83; A. Skidmore, *Peirce and semiotics; an introduction to Peirce's theory of signs,* in "Semiotic Themes", ed. R. T. De George, Univ, of Kansas Publ., Lau- rence, 1981) a definit semnul ca „ceva care, pentru cineva, stă în loc de altceva, într-o anumită măsură şi într-un anumit sens". Se vede imediat că noţiunea de indicator este o formă particulară a noţiunii de semn ; „cineva" poate însemna aici un factor de decizie, un guvern, o organizaţie internaţională sau un cetăţean oarecare. Semnul nu este, prin el însuşi, atît o calitate a unui obiect oarecare, cît mai degrabă o funcţie pe care acesta o poate dobîndi. Funcţia de semn a unui obiect este capacitatea de a reprezenta, de a înlocui ceva pentru cineva, într-un context natural sau social oarecare. Semnul este un triplet (*R, I,* O), unde *R* este *reprezentantul,* mereu disponibil, / este *interpretantul,* iar O este *obiectul.* De exemplu, cuvîntul *cal* este reprezentantul unui semn al cărui interpretant este noţiunea de cal şi al cărui obiect este mulţimea tuturor cailor care au existat sau vor exista. O altă tradiţie, al cărei reprezentant este Ferdinand de Saussure, este aceea de a adopta o reprezentare binară a semnului. „Cea mai simplă versiune a unei teorii a semnelor este aceea care afirmă că un semn este un lucru oare stă în locul altui lucru : *aliquid stat pro aliquo"* (J. Trabant, *Elemente der Semiotik,* Verlag, G. H. Beck, Munchen, 1976).

Asemănarea dintre definiţia dată de Mac Gnanahan indicatorului şi forma binară a conceptului de semn este izbitoare. Şi definiţia dată de Rao este de natură semiotică. Dar, pentru a merge mai adînc în direcţia pe care ne-am propus-o, sînt necesare noi fapte şi distincţii, atît din domeniul semioticii, cît şi din cel al indicatorilor sociali.

O incursiune în semiotică

Instaurarea unui semn este un proces (numit *semiosis)* în care, la un anumit moment, ceva înlocuieşte altceva, Reprezentantul (ceva) este numit de obicei, printr-un abuz de limbaj, *semn.* Să-l citǎm exact pe Peirce (op. *cit.,* voi. 2, p. 228) : „Un semn, sau reprezentamen, este ceva ce, pentru cineva, înlocuieşte altceva, într-o măsură oarecare sau într-o privinţă oarecare. El se adresează cuiva, adică el creează în mintea unei persoane un semn echivalent sau poate un semn mai evoluat. Pe aoest semn pe care el îl creează îl voi numi *inlerpretantul* primului semn. Semnul înlocuieşte ceva, *obiectul său.* El înlocuieşte acel obiect nu în raport cu orice, ci numai referitor la o anume idee, pe care am numit-o uneori baza reprezentamen-ului". Deci baza este contextul sau sistemul de elemente în cadrul căruia semnul se leagă de interpretantul său.

Noi distincţii sînt necesare. După Peirce (op. *cit.,* voi. 2, p. 274), „un semn sau un re- prezentamen este un *cel dinţii* (primul), care se află într-o asemena relaţie triadică cu un *al doilea,* numit *obiectul* său, încît el este capabil să-l determine pe un *al treilea,* numit *interpretantul* său, să-şi asume o aceeaşi relaţie triadică cu obiectul său în

'care să înlocuiască el însuşi acelaşi *obiect.* Relaţia triadică este proprie, ireductibilă, în sensul că cei trei membri ai săi sînt corelaţi într-un mod care nu poate fi echivalat cu nici un sistem de relaţii binare. „Cel de-al treilea" trebuie să fie o relaţie triadică de ordinul al doilea în care reprezentamen-ul, sau mai degrabă acea relaţie a sa ou *obiectul* său să fie chiar propriul său obiect şi trebuie să fie capabil să determine un *al treilea* pentru această relaţie. Toate acestea trebuie să aibă loc şi pentru *al treilea* al celui *de-al treilea* şi aşa mai departe, la infinit".

Putem da şi o reprezentare grafică pentru a face lucrurile mai inteligibile. Relaţia triadică descrisă în prima dintre definiţiile semnului citate mai sus poate fi figurată cu ajutorul unui triunghi avînd drept vîrfuri reprezentantul, obiectul şi interpretantul.

Cuvintele *primul, al doilea, al treilea* din controversa lui Peirce sînt legate de categoriile sale de „primul nivel", „al doilea nivel", „al treilea nivel[14]. *Primul nivel* este un mod de a fl care constă în faptul că ceva este ceea c6 este fără vreo referinţă la altceva, deci făcîn-du-se abstracţie de relaţia sa cu alte lucruri. Este cazul proprietăţii de a fi frumos, de exemplu. *„Primul nivel* este atît de delicat încît ftu-l poţi atinge fără a-l distruge" (Peirce, *op. cit.,* voi. 1, p. 358). Aşa cum arată J. K. She- riff (*Charles S. Peirce and the semiotics of literature,* in "Semiotics Themes", ed. E. T. De George, Univ. of Kansas Publ., Laurence, 1981, p. 51—74), atunci cînd vorbim despre *primul nivel,* transformăm semnul într-un interpre- tant şi astfel pierdem tocmai ceea ce căutăm

să surprindem. *Al doilea nivel* este existenţa faptului propriu-zis, în timp ce *al treilea ni- rel* constă din acea tendinţă a lucrurilor de a se uni astfel încît să se conformeze unei reguli generale. Putem acum să dăm o tipologie generală a semnelor. Din punctul de vedere al relaţiei reprezentantului cu el însuşi, un semn poate exprima o simplă calitate (qua- lisemn), o existenţă actuală (sinsemn) sau o lege generală (legisemn). Din punctul de vedere al relaţiei cu obiectul, semnul poate reprezenta o relaţie motivată (care la rîndul ei poate fi analogică (ironică) sau existenţială (indicială) sau o relaţie nemofcivată (simbolică). Din punctul de vedere al relaţiei cu interpre- tantul, semnul poate exprima o posibilitate (rema), un fapt (semn dicent) sau o argumentare (argument).

Pentru a înţelege mai bine importanţa semiotică a numărului *trei,* să considerăm următoarele predicate logice : 1) *A* este roşu; 2) *A* este după *B* ; 3) *A* îl reprezintă pe *B*
pentru C ; 4) *A* vrea ca *B* să cumpere C de la D.

Putem construi mai departe alte predicate cu mai mult de patru variabile, dar Peirce afirmă că secvenţa de predicate logice de mai sus se încheie cu cel de-al treilea predicat. Aqeasta înseamnă că predicatele logice cu mai mult de trei variabile pot fi reduse la sisteme de predicate logice cu. trei variabile, dar că predicatele logice cu trei variabile nu pot fi la rîndul lor reduse în acelaşi mod la sisteme de predicate logice cu două sau cu o variabilă şi nici predicatele logice cu

două variabile nu pot fi reduse la sisteme de predicate logice cu o variabilă. Astfel, există exact trei clase distincte, ireductibile, de predicate logice (vezi Skidmore, *op. cit.*, p. 38). Acum putem afirma că dacă o relaţie este obiectul unui predicat, atunci există numai trei feluri de relaţii : mo- nadice (corespunzătoare *întîiului nivel),* diadice (corespunzătoare *celui de-cd doilea nivel)* şi tri- adice (corespunzătoare *celui de-al treilea nivel).*

Această tipologie a semnelor ne conduce la un sistem de zece clase de semne, reprezentate în 1945 de Weiss şi Burks printr-un tabel (reprodus de Thomas A. Sebeok în *Contribu- lions to the doctrine of signs,* Indiana Univ. Press, and the Peter de Ridder Press, Lisse, 1976). Pentru a pune în evidenţă aceste zece posibilităţi realizabile, vom introduce în prealabil următoarea codificare : (qualisemn), A_2 (sinsemn), A_3 (legisemn) ; Bj (icon), £>$_2$ (index), B_3 (simbol); C_x (rema), C_2 (dicent), C3 (argument). Convenim ca o reprezentare de tipul *a-b-c* (unde *a, b* şi c sînt cifre de la 1 la 3) să fie înţeleasă în sensul *Aa-Bb-Cc.* Cele zece clase de semne realizabile sînt următoarele : l-1-l (qualisemn : senzaţia de roşu) ;

2- 1-1 (sinsemn iconic : o diagramă individuală) ; 2-2-l (sinsemn rematic indicial : un strigăt spontan) ; 2-2-2 (sinsemn dicent : girueta) ; 3-1-l (legisemn iconic : o diagramă, la modul generic, deci fără individualitatea sa factuală) ; 3-2-l (legisemn rematic indicial : un pronume demonstrativ) ; 3-2-2 (legisemn dicent indicial : strigătul străzii); 3-3-l (simbol re- matic sau schemă simbolică : un

substantiv comun) ; 3-3-2 (simbol dicent : o propoziţie) ;
3- 3-3 (argument : un silogism).

Indicatorii ca semne imlicialc

Enumerarea cclor zece clase de semne este interesantă nu numai prin ceea ce conţine, ci şi prin ceea ce lasă deoparte. Se poate observa că apar doar secvenţe descrescătoare de numere. Astfel, dintre cele $3^3 = 27$ de combinaţii posibile sînt prezente numai 10, celelalte 17 nu se produc. De exemplu, un qualisemn nU poate fi un indice sau un simbol, în timp ce un sinsemn nu poate fi un simbol. (Peirce foloseşte silaba *sin* cu înţelesul de „există o singură dată", adică are loc totdeauna şi în exclusivitate a doua transformare). In acelaşi timp, orice simbol este un legisemn (Sheriff, op. *cit.*, p. 61).

Deoarece, aşa cum am văzut, un indicator este un semn, restricţiile combinatoriale semiotice de mai sus vor acţiona şi asupra indicatorilor. Vom obţine deci 10 tipuri de indicatori. Dacă revenim asupra definiţiilor indicatorului citate mai sus, observăm că cele mai multe dintre ele asimilează indicatorii cu semnele indiciale.

Să luăm mai întîi definiţia dată de Mac Granahan : „Un indicator este ceva ce arată, indică altceva". Este suficient să înlocuim pe *arată* cu *înlocuieşte* şi obţinem în esenţă definiţia dată de Peirce pentru semn (vezi şi J. Pelc, *Prolegomena zu einer Definition des Zeichenbegrijje*, „Zeitschrift fur Semiotik", voi. 3, 1981, no. 1, p. 1—10). Dar deosebirea dintre *arată* şi *înlocuieşte* este tocmai deosebirea dintre semnul indicial şi semnul general. Pentru a înţelege mai bine acest lucru ar trebui arătat că există mai multe tipuri de semne indiciale, cum ar fi simptomele,

sindromele, indicii. Un simptom este un semn coercitiv, automat, nearbitrar, astfel încît semnificantul (adică semnul) este cuplat cu semnificatul intr-un mod natural. Un sindrom este o configuraţie de simptome. Ambii termeni au co- notaţii medicale foarte puternice, dar nu exclusive. In acest sens s-a observat că denotaţiile simptomelor şi sindromelor nu sînt în general aceleaşi pentru adresant (pacient) şi pentru destinatar (medic). De exemplu, febra este un simptom de boală. Indicii au proprietatea că semnificantul şi semnificatul lor sînt adiacenţi. De exemplu, un ceas, categoriile lingvistice cunoscute sub numele de deictice, mai ales modificatorii (cum ar fi pronumele personale), „dansul" şerpuitor al albinei pe o suprafaţă orizontală (Sebeok, op. *cit.,* 1976, p. 43). *Deixis* înseamnă în greceşte *a indica.* Astfel, din punct de vedre etimologic, indicatorii sînt elemente deictice (în lingvistică, elementele deictice sînt definite prin următoarea proprietate : în cadrul unei aserţiuni, ele se referă la (1) situaţia în care aserţiunea a fost făcută, (2) momentul în care aserţiunea a fost făcută, (3) subiectul care o face). Natura indicială a indicatorilor este cît se poate de explicită în definiţia dată de J. Galt- ung, D. Poleszynski, A. Wirak : „Un indicator este tocmai aceasta : ceva ce arată ca un deget, un index arătîndu-ne direcţia corectă", într-adevăr, gesturile sînt semnele indiciale cele mai tipice. Semnele lingvistice devin semne indiciale numai relativ la nivelul pragmatic al comunicării (adresantul, destinatarul, locul şi momentul în care are loc comunicarea, identitatea a două acte de vorbire — „L-am văzut pe Ion, se simte bine" — justificînd astfel rolul

pronumelui). Semnele lingvistice sînt toate simboluri, deoarece ele îşi reprezintă obiectele cu ajutorul convenţiilor lingvistice şi sînt cu toate legisemne (Skidmore, *op. cit.,* p. 44—45)

.Putem spune că semnele indiciale se află într-o relaţie fizică cu obiectele lor. Porwit vorbeşte despre simptomele şi atributele dezvoltării sociale şi umane ale unei societăţi ; astfel de simptome şi atribute ale dezvoltării ar trebui să fie relevante pentru un destinatar anumit şi pentru scopuri anumite. Dar asta duce către o mai profundă înţelegere a rolului semnelor indiciale în dezvoltarea socială. Avem în vedere mai ales simptomele. Ele reprezintă calea prin care oamenii devin conştienţi de situaţiile ascunse sau care încă nu s-au manifestat direct. Z. Sadowski *(The concept of ra- tionality and the macroindicators of goal at- tainment in socio-economic development,* Working Paper HSDRGPID-39/UNUP-153, 1980) utilizează indicatorul *eficienţă,* care reprezintă raportul dintre suma beneficiilor produse de o activitate şi suma costurilor necesare ei. Efectivitatea, eficienţa sînt, în viziunea lui Sadowski, un simptom şi o măsură a raţionalităţii în activitatea economică, raportul dintre ele fiind de directă proporţionalitate. Aici raţionalitatea aproape că este definită cu ajutorul eficienţei, exact aşa cum în medicină o boală necunoscută este definită prin şirul simptomelor sale.

Indicatorii şi problemele globale

Un alt exemplu interesant poate fi obţinut din modul în care C. A. Mallmann, O. Nudler şi M. A. MaxNeef *(Quality of life oriented development and global social modelling.* Working Paper, under contract

with UNESCO's So- cio-Economic Analysis Division, 1980), identifică problemele majore ale umanităţii. Acestea sînt problemele „care sînt răspunzătoare de nivelul scăzut al satisfacerii nevoilor de întreţinere, protecţie, dragoste, înţelegere, participare şi sens". Astfel, răspunderea pentru acest nivel scăzut este un simptom care anunţă o problemă majoră a umanităţii, cu alte cuvinte, şi aici ca şi mai înainte, un fenomen este definit prin simptomul său. Metafora medicală a bolii, cu care debutează modelul matematic al nevoilor umane la C. A. Mallmann şi S. Mar- cus *(Logical clarifications in the study of needs,* iu *Human Needs,* od. K. Lederer, Qcl- gesehlager, Gurui & Hain Publ. Cambridge, Mass., Verlag Anton Ilain, Koaig&tein, 1979, p. 163—185), este încă un motiv pentru a a- corda statutul de simptom oricărui semn care anunţă un aspect patologic al satisfacerii nevoilor umane.

Dar poate că cel mai interesant exemplu este acela oferit de domeniul studiilor viitorului. Deoarece în spatele unui simptom se află o relaţie cauză-efect, cercetarea ştiinţifică este confruntată cu două situaţii de bază : (a) simp- tome aflate în căutarea obiectului şi interpretantului lor şi (b) obiecte şi interpretanţi aflaţi în căutarea simptomelor lor. Situaţia (a) este un fel de anticipare, deoarece efectul poate fi separat de cauza sa printr-un lung interval de timp. în acest sens, o situaţie tipică este cea conţinută în titlul întîlnirii organizate de Academia R. P. Polone (5—8 decembrie 1981) : „Identificarea timpurie a pericolelor iminente din viaţa socială ; metodologie, experienţă, indicatori". Astfel, transformarea unor lucruri care se petrec astăzi în simptome a ceea ce s-ar putea petrece mîine este una din sarcinile

majore ale studiilor despre viitor. Un alt aspect al situaţiei (a) este acela al transformării fenomenelor evidente în simptome ale fenomenelor ascunse. Un exemplu tipic în acest sens sînt lucrările Eleonorei Maşini *(The non expressed visions,* Draft Paper presented for the meeting on „Early identification of iminent dangers in social life ; methodology, experience and indicators", by the Polish Acad. of Sciences, 1981). Rolul artelor este într-o mare măsură legat de această sarcină. Dar Maşini cercetează încă două categorii umane implicate în aceste situaţii : femeile şi copiii. Copiii foarte mici, ca şi animalele, nu sînt în stare să se exprime, astfel încît trebuie să învăţăm să le interpretăm şi să le decodificăm manifestările, să le stimulăm viaţa emoţională. „Trebuie să căutăm viziunile neexprimate şi să le aducem la lumină... Sînt viziuni care zac neexprimate în viaţa emoţională a copiilor. Acestea trebuie pur şi simplu stimulate".

Un domeniu important al semnelor indiciale este acela al problemelor globale. B. Faskel *(Die Energiekreise. Eine Chance zur .Erneue- rung der Architektur,* „Kodikas/Code", voi. 3, 1981, no. 3, p. 261—269) analizează semnele indiciale care arată cum s-au manifestat în epocile anterioare atitudinile faţă de energie. Majoritatea semnelor crizei energetice sînt simptome asemănătoare acelora care au loc la staţiile de benzină, unde pot fi observate semne directe, ca preţuri în continuă creştere, raţionalizări, rezervoare goale etc. Putem merge mai departe, citîndu-l pe Mihai Nadin *(Energy crisis— a topic for Semiotics ?,* „Kodikas/Code", voi. 3, 1981, no. 3, p. 195—198) : „Criza, oriunde s-ar manifesta ea, se face cunoscută prin simptomele ei. Nimeni nu pretinde că o simptomatologie

perfectă înseamnă vindecare, dar cel puţin ne ajută să nu aplicăm unei boli tratamentul adecvat alteia şi care aplicat astfel în mod greşit ar putea avea consecinţe dezastruoase". Acelaşi autor (*Sign and value in the energy crisis,* „Kodikas/Code", voi. 3, 1981, no. 3, p. 281—301) întreprinde o inventariere a inflaţiei, şomajului, produsului naţional brut, concurenţei, mişcărilor ecologice, de eliberare a femeilor, a minorităţilor, a semnelor recrudescenţei fascismului (cu reacţia antifascistă corespunzătoare), a mişcărilor con- testatare, a apatiei, a militarismului etc. De fapt, în toate aceste cazuri, ca şi în multe dintre cele precedente, nu avem de-a face cu semne deja confecţionate, ci sîntem incitaţi să construim procese semiotice prin descoperirea interpretantului şi obiectului corect pentru un simptom potenţial. Cealaltă sarcină, de a descoperi simptome simple, disponibile, ale unor procese complexe, este a doua latură, la fel de importantă, a cercetărilor în domeniul indicatorilor.

Indicatorii ca semne iconice

Cea mai răspîndită formă de icofticitate atunci cînd se lucrează cu indicatori este grafia. Să luăm de exemplu cartea editată de I. Miles şi J. Irvine *(The poverty of progress. Changing ways of life in industrial societies,* Pergamon Press, Oxford, 1982), despre schimbarea modurilor de viaţă în societăţile industriale. Sînt descrişi numeroşi indicatori ai modului de viaţă cu ajutorul cifrelor şi tabelelor, dintre care majoritatea sînt forme particulare de grafice. Astfel, relaţia dintre dezvoltarea umană şi nivelul producţiei este prezentată cu ajutorul unei curbe într-un sistem bidimensional

de coordonate, avînd pe axa orizontală consumul de satisfactori ai nevoilor şi dezvoltarea umană (satisfacerea nevoilor) pe axa verticală. Utilarea tehnică a agriculturii Elveţiei în anii 1955, 1965, 1975 este descrisă cu ajutorul a trei dreptunghiuri a căror înălţime reprezintă tocmai nivelul acestei utilări în cei trei ani menţionaţi. Tabelele şi matricile au în general formă de linii şi coloane ; putem astfel imediat surprinde o multitudine de date, le putem compara, sintetiza. Iată, de exemplu, Tabelul 5.19 (p. 163) referitor la adecvarea din punct de vedere nutritiv a hranei domestice (în medie, în Anglia, între 1953—1971). O matrice cu 10 linii — corespunzătoare celor 10 tipuri de cerinţe : valoare energetică, proteine, calciu, fier... vitamina C, vitamina A, vitamina D — şi **4** coloane — corespunzătoare anilor 1951, 1960, 1970, 1973 — conţine cifre date sub formă de procente ale cantităţilor recomandate oficial. Se observă uşor o tendinţă generală de creştere a acestor cifre, exceptînd vitamina C, care a seăzut.

Esenţa iconicităţii este analogia dintre semn şi obiectul său. Se vede uşor că gradul de iconi.eitate este mai mare în căzui unei curbe sau a unei diagrame decît în cazul unei matrici sau a unei liste. Primele două dau o reprezentare analogică a evaluării unor parametri, în timp ce pentru ultimele analogia este mai săracă, referindu-se numai la ordinea unor evenimente, date, însuşiri.

îconii şi indicii se provoacă unii pe alţii. Nu există un icon pur sau un indice pur. Orice semn neconvenţional (motivat) are şi o funcţie iconică şi una indicială, dar este posibil ca una dintre ele să fie predominantă. Un exemplu tipic de rivalitate între iconicitate şi indiciali- tate este discutat de D. Pignatari (*The contiguity illusion,* în „Sight, Sound and

Sense", ed. Th. A. Sebeok, Indiana Univ. Press, Bloom- ington, 1978, p. 87—97). care susţine că rolul indicialităţii a fost exagerat în culturile vest- europene, în timp ce iconicitatea nu a fost privită în adevărata sa valoare; „...iconul este semnul tuturor minciunilor posibile precum şi semnul tuturor descoperirilor... este semnul euristic, semnul deschis prin excelenţă".

Diagramele, curbele şi celelalte reprezentări grafice nu sînt cele mai tipice semne iconice, ele fac mai degrabă parte dintr-o iconicitate exterioară, legată de prezentare, a unor semne predominant indiciale. Informaţiile date de aceste curbe, diagrame, matrici şi chiar de liste sînt obţinute prin analiza şi prelucrarea unor observaţii empirice, prin urmare, ele se bazează pe o relaţie de tipul cauză-efect, ipo- teză-concluzie, întreg-parte, deci o situaţie tipic indicială.

Imaginile şi metaforele prezintă un grad de iconicitate mai ridicat. Imaginile domină din ce în ce mai mult mass-media (vezi avertismentele lansate de Marshall McLuhan). Sîntem înconjuraţi de imagini iar pe cele mai multe dintre ele nu mai sîntem capabili să le recepţionăm şi să le prelucrăm. Astfel, un mare număr de indicatori potenţiali nu mai pot fi nici-odată transformaţi în mesaje efective. Domeniul problemelor globale necesită, poate mai mult decît alte domenii, utilizarea imaginilor, a desenelor, deoarece mulţi dintre indicatorii legaţi de aceste probleme nu sînt inteligibili omului de pe stradă. Din păcate, folosirea imaginilor este încă foarte restrînsă. Există însă unele dovezi pozitive ale eficienţei lor. De exemplu, în domeniul crizei energetice, îi putem cita pe Blonsky (1981), B. Faskel *(op. cit.)* şi M. Nadin *(op. cit.).* Aceste lucrări se adresează specialiştilor ; lucrarea lui C. Bienvenu

(Vons *avez dit energie ?* Sofedir, Paris, 1980) se adresează însă omului de pe stradă, demon- strînd imensele posibilităţi pe care le au semnele iconice şi mai ales imaginile şi desenele, de a implementa o mai ridicată conştiinţă publică asupra problemelor globale ale umanităţii. Din păcate, nu vom putea reproduce nici una dintre imaginile sale, care ne spun mai mult decît o pot face textele oricît de lungi şi aceasta într-o formă sugestivă, ironică şi foarte semnificativă.

Un alt exemplu de acelaşi fel este datorat lui Yona Friedman (*Money makes poor,* Draft, GPID-UNU Project, 1979). Metoda sa constă în a asocia două secvenţe : una de imagini (desene) aşezate pe pagina din stînga şi alta de texte aşezate pe pagina din dreapta. Fiecare imagine are alăturat un scurt text care îi ex- plicitează sensul şi mesajul. Imaginile luate izolat nu au un înţeles prea bogat; în schimb, dacă privim întreaga secvenţă de imagini putem reconstitui mesajul profund al textului. In acest fel, oricine poate constata cît de mare este forţa contextului ieonic, capabil să-şi construiască doar cu propriile sale mijloace o semantică a cărei exprimare ar necesita în mod obişnuit un aparat lingvistic complicat. Mesajul de bază al lui Y. Friedman este evidenţierea crizei globale a resurselor, mutaţiile unei ordini (sau dezordini ?) economice internaţinnale în care cantitatea de bani este din ce în ce mai mare, în contradicţie cu capacitatea redusă de satisfacere a nevoilor umane. Uneori, Y. Friedman combină imaginile şi textele, adică semnele iconice cu cele simbolice. Astfel, în imaginile „de pe pagina stingă" sînt inserate texte care devin parte componentă a desenului, în timp ce textele „de pe pagina din dreapta" capătă,

printr-o segmentare specială, prin utilizarea unor anume tipuri de litere, prin însăşi aranjarea lor, calităţi de imagine. Şi astfel, unele dintre aceste ingenioase asocieri evidenţiază capacitatea semioticii de a valorifica eterogenitatea semnelor.

Motivaţia profundă a succesului acestui mod de abordare a indicatorilor sociali este legată de modul de funcţionare a creierului nostru. Se ştie că operaţiile secvenţiale sînt localizate în emisfera stîngă a creierului, în timp ce cele nesecvenţiale sînt controlate de emisfera dreaptă. De exemplu, operaţiile logice şi lingvistice sînt „la stingă", iar intuiţiile, emoţiile sînt „la dreapta". Pandantul semiotic al acestei situaţii constă în faptul că operaţiile de contiguitate, de tipul celor care conduc la semne indiciale, sînt localizate mai ales la stînga, în timp ce operaţiile analogice, de tipul celor care conduc la semne iconice, sînt localizate cu precădere la dreapta. Echilibrul vieţii noastre spirituale reclamă stabilirea şi menţinerea unei balanţe şi colaborări între activităţile celor două emisfere şi, prin urmare, între indicialitate şi ico- nicitate.

Dar iconicitatea nu înseamnă numai imagini şi diagrame, ci şi metafore, poate chiar în primul rînd metafore. Ele sînt fundamentale pentru orice tip de gîndire, fie ea ştiinţifică sau artistică. O metaforă fericit aleasă poate fi uneori un indicator mult mai bun decît orice şir — cît de lung — de date statistice. Evident, nu putem efectua calcule cu metafore, nu le putem utiliza în activităţile de planificare. în schimb, ele fac lumea mai plină de sens, stimulează înţelegerea şi creativitatea, ele opun gîndirii analitice gîndirea holistică, surprind numitorul comun al unor lucruri aparent deosebite (chiar opuse uneori), ele sînt mai lesne înţelese

de omul de pe stradă şi conduc la rezultate mai bune atunci cînd se lucrează cu aspecte calitative, greu de cuantificat.

In ciuda acestor avantaje pe care le prezintă metaforele cu rol de indicatori, nu există încă o investigare explicită şi sistematică în această direcţie. Deşi mulţi aiutori merg şi dincolo de indicatorii statistici ai aspectelor economice ale vieţii sociale, căutînd indicatori calitativi (de exemplu, ordonări fără măsurători), precum şi indicatori ai aspectelor neeconomice ale vieţii sociale, nu există nici o încercare de a dezvolta indicatorii iconici şi de a aprofunda semnificaţia lor. Aceasta ar satisface atît cerinţa obiectivă de echilibrare a exigenţelor celor două emisfere, ale creierului, cît şi responsabilitatea socială de a democratiza politica indicatorilor, prin înlăturarea jargonului specific oamenilor de ştiinţă şi factorilor de decizie şi prin informarea categoriilor largi de cetăţeni.

Indicatorii ca simboluri

Semnele simbolice de bază sînt cele verbale. Ferdinand de Saussure a argumentat temeinic teza arbitrarului semnului lingvistic, acceptată azi de toţi cercetătorii. Orice indicator exprimat cu ajutorul unor mijloace lingvistice este, chiar prin aceasta, înzestrat cu o funcţie simbolică. Dar şi alţi indicatori pot fi dotaţi cu aceeaşi funcţie. Să ne gîndim, de exemplu, la sistemul monetar, în mare măsură convenţional. Semnele simbolice au fost clasificate de Ch. S. Peirce în semne rematice (simple posibilităţi), semne dicent (fapte) şi argumente (în special silogisme), acestea din urmă fiind .cele mai complexe.

O sursă importantă a multor indicatori simbolici este capacitatea unor semne de

a fi replicate, adică de a putea fi reproduse într-un mare număr de exemplare. Cuvintele, monedele, bancnotele şi uniformele sînt exemple tipice ale unor astfel de semne. Este lesne de înţeles că prin replicare semnele îşi potenţează considerabil funcţia de indicator social. Simpla creştere a frecvenţei unor cuvinte şi expresii ca *grevă, şomaj, terorism, poluare, accident nuclear, catastrofă nucleară, foamete, violenţă, consum de droguri, criză energetică, dezarmare, pace, tratative, colaborare internaţională, democraţie,* este de natură să atragă atenţia oricui asupra racilelor şi primejdiilor majore ale lumii contemporane ca şi asupra aspiraţiilor legitime ale oamenilor de pretutindeni. Proliferarea mijloacelor de comunicare rapidă, ca urmare a noii revoluţii ştiinţifice şi tehnologice, conferă replicării capacitatea de a mări considerabil audienţa unor indicatori sociali sau de a instaura o atare funcţie chiar acolo unde ea nu exista iniţial.

Un cuvînt este asociat cu anumite trăsături ireductibile (qualisemne), el poate fi conceput ca o apariţie irepetabilă datorită particularităţilor sale fonetice (sinsemne), dar, în acelaşi timp, el poate fi replicat indefinit, toate apariţiile sale fiind asociate cu unul şi acelaşi tip (legisemn), care face posibil să se identifice, de exemplu, cuvîntul *casă* pronunţat de o persoană la un anumit moment cu acelaşi cuvînt pronunţat de o altă persoană la un alt moment. Printr-un proces similar, de la particularităţile fizice ale unei bancnote de 10 lei (qualisemne) trecem uşor la integritatea bancnotei ca atare (sinsemn) şi la echivalenţa ei cu toate celelalte bancnote de 10 lei (legisemn). Aşa cum echivalenţa dintre două ocurenţe ale

cuvîntului *casă* este asigurată de suportul lor semantic comun, echivalenţa a două bancnote de 10 lei se bazează pe identitatea dintre obiectele care pot fi cumpărate cu prima bancnotă şi obiectele care pot fi cumpărate cu a doua bancnotă.

Funcţia simbolică şi contractul social

Replicarea conferă unei bancnote o funcţie socială bazată pe o convenţie socială. în acelaşi fel, replicarea cuvintelor se sprijină pe un acord mutual între membrii unei comunităţi de a considera drept echivalente anumite ocurenţe lingvistice, atribuindu-le aceeaşi semnificaţie sau aceeaşi funcţie lingvistică. în ambele cazuri, funcţia simbolică este creată prin intermediul unui contract social. O bancnotă (sau o monedă) este un semn convenţional avînd drept referent (obiect) toate obiectele care pot fi cumpărate cu bancnota (moneda) respectivă ; valoarea comună a acestor obiecte constituie interpretantul semnului. Bancnota reprezintă pe oricare dintre aceste obiecte. Un cuvînt este un semn convenţional avînd drept referent (obiect) toate ocurenţele sale individuale iar ca interpretant semnificaţia sau funcţia sa.

Convenţia care se află la baza unui simbol poate fi recentă, după cum ea poate să fie rezultatul unei lungi evoluţii istorice. De exemplu, această evoluţie este, în general, mai lungă în cazul limbajului decît în ceea ce priveşte sistemele monetare. Nu lipsesc însă excepţiile. Astfel, o parte dintre cuvintele şi expresiile evocate mai sus pentru a exemplifica simbolul verbal au dobîndit abia în ultimele decenii funcţia simbolică pe care le-o acordăm azi. Un alt exemplu

intersant este cel al drapelurilor naţionale ale diferitelor state. Aceste drapeluri s-au constituit ca simboluri şi, implicit, ca indicatori sociali, relativ recent, deoarece cele mai multe state naţionale s-au format de-a lungul ultimelor două secole. O caracteristică a ultimelor decenii este creşterea ritmului de constituire a unor noi simboluri şi chiar a Unor noi mituri. Să ne gîndim la calculatorul electronic, la implicarea lui în cvasi totalitatea domeniilor de activitate socială şi la tot ceea ce acestea evocă şi semnifică din punctul de vedere al nivelului de dezvoltare a unei economii. Miturile tehnologiilor moderne încep să concureze miturile constituite de-a lungul unei dezvoltări milenare.

Importanţa socială a semnelor simbolice rezultă şi din implicarea lor majoră în cultură. Dintre toate tipurile de semne, cele simbolice constituie forma supremă, cea mai avansată, a evoluţiei sociale şi exprimă gradul cel mai înalt de abstracţie. Chiar dacă unii autori, ca Thomas A. Sebeok, semnalează forme rudimentare ale funcţiei simbolice la anumite tipuri de insecte şi la unele animale, mai toţi cercetătorii admit faptul că omul este singura fiinţă care a dezvoltat funcţia simbolică în- tr-un mod sistematic. Lucrul devine firesc, dacă ţinem seamă de ipoteza după care funcţia simbolică se dezvoltă ca o consecinţă a competenţei lingvistice. Fiind singura fiinţă dotată cu limbaj articulat, omul devine privilegiat şi în dezvoltarea funcţiei simbolice. Dacă în viaţa economică se stabileşte un echilibru între semnele motivate (iconice sau indiciale) şi cele nemotivate (simbolice), de îndată ce trecem la activităţile umane de natură creativă semnele simbolice capătă o preponderenţă netă.

Cultura — un comerţ cu semne

Ce anume conferă un rol atît de important capacităţii noastre de simbolizare ? Intervine aici faptul că, mărind distanţa dintre reprezentant, pe de o parte, referent şi interpretant, pe de altă parte, simbolul oferă posibilitatea unor procese de semnificare mult mai profunde decît cele asoftate cu alte semne. Simbolurile sînt de multe ori rezultatul evoluţiei unor semne indiciale sau iconice. Iau naştere lanţuri de semne motivate, în care, datorită lungimii mari a lanţului, nu mai este posibil să se perceapă legătura dintre verigile extreme. De exemplu, multe cuvinte au fost la origine semne motivate, dar s-au modificat atît de mult ca formă şi semnificaţie în decursul evoluţiei limbii, încît au pierdut orice relaţie vizibilă între aspectul sonor şi cel semantic.

Filosofi ca Ernst Cassirer *(The philosophy of symbolic forms,* 1923) şi Suzanne K. Langer *(Feeling and form,* 1953) au arătat că limbajul articulat, întreaga cultură umană, ritualurile, instituţiile, relaţiile sociale sînt, toate, forme simbolice ; ele dezvoltă o experienţă care poate fi comunicată sau transferată. Viaţa socială constă în mare măsură într-un comerţ cu semne, în mod deosebit cu semne simbolice. Semnele ne permit să ne ridicăm deasupra percepţiei nemijlocite.

Cultura s-a născut atunci cînd omul a inventat unelte cu care a acţionat asupra naturii. Umberto Eco (1972) consideră că uneltele presupun o activitate de simbolizare. O piatră nu este numai un obiect natural, ci şi o unealtă folosită în luptă. Dar, pentru a se descoperi aceasta, era nevoie ca următoarele trei condiţii să fie îndeplinite : *(A)* existenţa unei fiinţe care să imagineze această funcţie a pietrei; *(B)* capacitatea de a-i da un nume ; *(C)* posibilitatea de a recunoaşte

piatra ca ceva care are numele *B* şi funcţia *A.*

Considerente metodologice ne-au impus diferenţierea indicatorilor sociali după natura lor semiotică. Să nu uităm însă că nu există semn iconic pur, nici semn indicial pur, nici semn simbolic pur. Orice semn are, în diferite proporţii, toate aceste trei funcţii. Cînd una dintre ele este dominantă, o adoptăm ca definitorie. Dincolo de natura sa, orice semn este o asociere dintre o prezenţă şi o absenţă ; prima o reprezintă pe cea de-a doua. înţelegerea acestor corespondenţe presupune o vastă cultură, fără de care riscăm să deformăm grolosan multe semnificaţii care ne înconjoară. O interpretare corectă a unui semn atît de simplu ca zîmbetul presupune cunoştinţe şi experienţă în domeniul psihosocial. Numai pentru cei cu o competenţă ridicată în psihologia socială este posibil ca zîmbetul străzii să devină un indicator social.

Indicatorii şi dezvoltarea umană

O contribuţie importantă la studiul indicatorilor o constituie lucrarea lui Ian Miles *(Social indicators for human development,* Frances Pinter Publishers, London, 1985). Cartea a apărut sub auspiciile Universităţii Naţiunilor Unite, care l-a invitat pe autor să alcătuiască un raport asupra indicatorilor sociali. Vicerectorul Universităţii Naţiunilor Unite, Kinhide Mushakoji, explică în prefaţă mobilul invitaţiei adresate lui Ian Miles. Indicatorii sociali au fost multă vreme aproape exclusiv indicatori economici, deoarece dezvoltarea era redusă la creşterea economică (după modelul furnizat de societăţile industrializate occidentale). Efectele

negative ale unui atare mod de a vedea, efecte care privesc atît pe indivizii umani cît şi mediul înconjurător, nu au întîr- ziat să apară. A devenit astfel legitimă problema elaborării unor indicatori care să măsoare distanţa dintre o societate existentă şi una dezirabilă şi să orienteze procesul care trebuie urmat pentru a se ajunge la aceasta din urmă.

Ian Miles explică, la rindul său, că lucrarea a fost concepută, iniţial, în cadrul proiectului internaţional al Universităţii Naţiunilor Unite „Obiective, Procese şi Indicatori de Dezvoltare" şi exprimă recunoştinţa sa intelectuală faţă de membrii acestui proiect, printre care autorul rîndurilor de faţă a avut privilegiul de a se afla. Am participat împreună cu Ian Miles la mai multe dezbateri din cadrul proiectului amintit şi am putut urmări diferite forme preliminare ale lucrării pe care o discutăm acum. Conceptele de bază adoptate au fost, într-o anumită măsură, rodul acestor dezbateri la care au contribuit personalităţi de cele mai variate orientări, provenind din cîteva zeci de ţări europene, asiatice, africane şi americane, dar în care accentul s-a menţinut mereu asupra lumii în curs de dezvoltare. Deoarece indicatorii sociali îşi propun să dea seamă despre dezvoltarea umană, era necesar să se precizeze de la început acest concept. Este vorba de dezvoltarea fiinţelor umane de-a lungul întregii lor vieţi, pe baza unei relaţii armonioase cu societatea şi cu natura şi într-un mod care să permită o manifestare optimă a potenţialului uman, fără a degrada, deposeda sau distruge societatea sau natura. O atare dezvoltare centrată pe om este detaliată de Ian Miles în următoarele patru puncte : 1. Echitate socială, care să permită o dezvoltare umană pentru toţi membrii societăţii ; 2. Echitate interregională şi internaţională;

fiecare societate trebuie să permită şi să promoveze dezvoltarea umană a membrilor ei, cu respectarea integrităţii altor societăţi, în sensul interzicerii oricărei exploatări economice, dominaţii politice sau opresiuni culturale care ar împiedica pe membrii altor societăţi de a realiza dezvoltarea lor umană ; 3. Prezenţa vie a viitorului. Dezvoltarea umană a generaţiilor prezente nu trebuie să se producă în detrimentul generaţiilor viitoare ; 4. Sensibilitate faţă de prezent; grija pentru generaţiile viitoare nu este compatibilă cu oprimarea generaţiei actuale.

Desigur, astfel de formulări generale au în vedere o situaţie idealizată, dar care poate constitui un prim termen de referinţă în ceea ce priveşte relevanţa indicatorilor pentru dezvoltarea umană ; aceşti indicatori ne pot spune în ce măsură ne apropiem sau ne depărtăm de o dezvoltare umană. Dar ce este specific uman în viaţa socială ? Nu faptul că existăm atît ca fiinţe individuale cît şi ca fiinţe sociale şi poate nici măcar faptul că sîntem conştienţi şi că putem lupta pentru atingerea unui scop, ci — crede Miles — capacitatea noastră de a sesiza lumea socială ca o construcţie umană, de a concepe obiective sociale alternative şi diferite tipuri de relaţii sociale şi de a acţiona în funcţie de acestea. Elaborarea şi utilizarea indicatorilor sociali se pot constitui ca o parte a unor activităţi umane de acest fel.

Sînt vreo 20 de ani de cînd indicatorii sociali au intrat în atenţia sistematică a cercetătorilor. Intre timp, ei s-au răspîndit şi au intrat şi în atenţia factorilor de decizie. Aceasta nu înseamnă că ar exista vreun consens în ceea ce priveşte definiţia lor. Pentru unii autori, orice statistică socială, orice observaţie privind viaţa socială constituie un indicator social. Dacă

mulţi autori sc restrîng şi azi la indicatori cantitativi, din ce în ce mai frecvent se recurge la indicatori calitativi. Depăşind statisticile sociale, indicatorii tind să să se manifeste sub forma unor date dintre cele mai eterogene privind cele mai importante aspecte ale schimbării sociale. Este deci de reţinut faptul că indicatorii îşi propun tot mai mult să dea seamă nu despre stări încremenite, ci despre tendinţe de manifestare.

De la indicatori izolaţi la sisteme de indicatori

O distincţie importantă se referă la dubla natură a indicatorilor, care pot fi structurali şi/sau axiologici. Sub aspect structural, indicatorii au un rol explicativ în înţelegerea naturii şi sensului schimbării. Sub aspect axiologic, indicatorii dau seama despre impactul uman şi social al schimbării, despre gradul în care obiectivele avute în vedere sînt atinse, despre efectele unor eventuale încercări de a interveni în procesul de dezvoltare. în această a doua accepţiune, interesează aprecierea costurilor şi beneficiilor diferitelor strategii de dezvoltare. Dacă cercetarea se interesează în primul rînd de aspectul structural, pentru factorii de decizie şi pentru public aspectul axiologic este esenţial. Dar, desigur, este greu de trasat o graniţă între cele două aspecte ; interacţiunea dintre structural şi axiologic este şi aici, ca şi în atîtea alte domenii, esenţială.

O altă distincţie importantă este aceea dintre indicatorii de proces şi indicatorii relativi la obiectivele de atins. Nu este însă exclus ca un acelaşi indicator să dea seamă despre amîndouă. Se face din ce în ce mai puţin separaţia între exigenţele

ştiinţelor sociale şi cele ale politicii. Indicatorilor li se cere să fie, în acelaşi timp, instrumente de cercetare în analiza socială şi instrumente ale politicii de schimbare într-un anume sens a cursului social.

O distincţie interesantă a fost propusă de Michael Carley *(Social measurement and social indicators,* Allen and Unwin, London, 1982). Carley distinge două aspecte esenţiale ale indicatorilor, aspectul de *surogat* şi cel de *măsură.* Se ştie că surogatul este un „produs sau preparat care, avînd aparent aproape aceleaşi proprietăţi cu altul, îl poate înlocui" *(Mic Dicţionar Enciclopedic,* ed. a Il-a, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1978). Indicatorul nu se reprezintă pe sine, ci trimite la un anumit obiect, fenomen sau proces. în situaţia actuală, cei mai mulţi indicatori elaboraţi de factorii de decizie sînt entităţi măsurabile care se substituie unor fenomene nemăsurabile direct şi dau seama despre acestea din urmă. Fenomenele care interesează sînt desigur cele privind obiectivele şi procesele care au o anumită relevanţă pentru dezvoltarea umană. Nu un indicator izolat, ci un sistem de indicatori poate da seama despre aceasta. Astfel, o statistică socială nu este, prin ea însăşi, un indicator social ; ea devine un indicator în măsura în care este corelată cu alte informaţii, în cadrul unui sistem conceptual. Numai în acest fel ea devine şi surogat şi măsură. (Asupra folosirii de către Garley a termenului de surogat avem unele rezerve, deoarece surogatul înlocuieşte o entitate, fără a o reprezenta ; a se vedea relaţia zaharină- zahăr . Funcţia semiotică a indicatorului .este exprimată optim prin termenul de semn). Un exemplu simplu evidenţiază această situaţie. Cantitatea de calorii consumate, în medie, de un locuitor, într-o unitate de

timp nu poate singură să dea seamă despre starea de nutriţie a unei populaţii. Este nevoie să se cunoască diferenţiat consumul de proteine, minerale, vitamine, fibre etc., repartizarea acestora pe diferite straturi ale populaţiei, relaţia lor cu tipul de activitate a diferitelor grupuri sociale şi cu condiţiile de climă etc. în acest fel ia naştere un sistem complex de indicatori care aproximează statutul nutriţional al unei populaţii. în funcţie de destinatarul acestor indicatori, se aleg limbajul în care ei sînt exprimaţi şi gradul său de tehnicitate.

Una dintre oele mai interesante probleme este aceea a influenţei pe care un sistem de indicatori o poate avea chiar asupra fenomenelor despre care ele trebuie să dea seama. Aici apare necesitatea abordării sistemice, în care interacţiunile, circularităţile, situaţiile paradoxale şi antinomice sînt la ele acasă. O fuzionare a punctului de vedere semiotic cu cel sistemic, în problema indicatorilor, se impune.

O încercare de sistematizare

Să încercăm să sistematizăm problemele esenţiale privind semiotica indicatorilor.

1. De ce ne trebuie indicatori ? Indicatorii Sînt reclamaţi de însăşi complexitatea realităţii sociale, de caracterul ascuns al multora dintre aspectele acesteia, de gradul scăzut de efectivi ta te al unora dintre ele, de necesitatea de a face realitatea socială mai inteligibilă, mai operaţională.

2. Indicatori despre ce ? Indicatorii se pot referi la obiective, procese, stări de lucruri, tendinţe etc. Ei se pot referi fie la situaţii deja existente, fie la fenomene plauzibile, probabile în viitor.

3. Indicatori pentru cine ? Există o mare varietate de destinaţii pentru indicatori. Ei se pot adresa publicului, copiilor, factorilor de decizie, politicienilor, experţilor, oamenilor de ştiinţă, intelectualilor, instituţiilor. Fiecare dintre aceste categorii are un limbaj specific în care ar trebui exprimaţi indicatorii. Aşa cum arată majoritatea lucrărilor despre indicatori, nu există din păcate pînă acum decît o slabă preocupare de a aduce indicatorii sociali la o formă inteligibilă pentru marele public. Copiii mai ales sînt oarecum neglijaţi. Manualele şi sistemul de învăţămînt ar trebui să se preocupe mai mult de acest lucru.

4. Indicatorii sînt semne în sensul semiotic al cuvîntului : indicatorii sînt ceva ce înlocuieşte altceva pentru cineva, într-o anumită privinţă, într-o anumită măsură. Prin urmare, ei au o intensiune (înţelesul lor) şi o extensiune (realitatea pe care o acoperă). De exemplu, pentru un indicator cum ar fi procentul persoanelor alfabetizate, extensiunea (obiectul) este realitatea materială a . persoanelor alfabetizate, în timp ce intensiunea (interpretantul) este înţelesul creat de acest indicator şi de obiectul său, de exemplu : cît de relevantă este această cifră pentru nivelul educaţiei. Dacă pentru satisfacerea nevoilor fundamentale (ca hrană, îmbrăcăminte, adăpost, sănătate, educaţie), pentru creşterea economică sau pentru creşterea socială (urbanizare, transport, comunicaţii), distincţia dintre extensiune şi inten- siune, dintre obiect şi interpretant se face relativ uşor, trebuie arătat că pentru alte nevoi umane, ca dragoste, creaţie, sens, sinergie (pentru a utiliza clasificarea propusă de Mallmann, Nudler, Max-Neef, op. cit.), inten- siunea îşi caută încă extensiunea. Pe de altă parte, în alte situaţii, ca de pildă în

educaţia copiilor, pornim totdeauna de la extensiunea indicatorului şi încercăm să descoperim in- tensiunea corespunzătoare.

5. Indicatorii sînt elemente de bază în orice proces de comunicare legat de dezvoltare. Acest lucru rezultă din punctul 4 şi este comparabil cu faptul că cuvintele sînt elementele de bază ale unei limbi naturale. K. Valaskakis şi I. Martin (*Economic indicators and the GPID: An attempt to bring economics back into the church without losing the jaith*, Working paper HSDR GPID-23/UNUP-134, 1980) consideră că indicatorii sînt pentru ştiinţă ceea ce limbajul este pentru gîndire. Indicatorii sînt partea vizibilă a icebergului dezvoltării sociale.

6. Natura semiotică a relaţiei dintre indicator şi obiectul său nu poate fi eludată. Un indicator poate avea o legătură motivată sau o legătură nemotivată (simbolică) cu obiectul său. Legăturile nemotivate sînt în general de natură convenţională (de exemplu, indicatori exprimaţi în bani). Legăturile motivate sînt de două feluri : analogice, în cazul indicatorilor iconici (diagrame, desene, imagini ale unor aspecte ale realităţii avînd o relaţie de analogie cu obiectul lor) şi de contiguitate, în cazul indicatorilor indiciali, avînd o relaţie de contiguitate cu obiectul lor (de pildă, zîmbetul poate fi considerat un indicator indicial al unei bune calităţii a vieţii).

Indicatorii iconici pot fi ştiinţifici (modele ale unor procese) sau poetici (metafore). Indicatorii indiciali pot fi parte a procesului' pe care îl exprimă, o aproximare, o consecinţă sau o cauză a acestuia. Indicatorii cantitativi sau statistici (de exemplu, produsul naţional brut) sînt mai degrabă indiciali, deoarece

sînt deduşi din realitatea pe care o exprimă.

Mulţi dintre indicatori au atît aspecte nemotivate (simbolice) cît şi aspecte motivate (indiciale sau iconice), dar unele dintre acestea sînt predominante.

7. Gradul de mediere. Indicatorii pot fi legaţi direct de unele procese reale sau pot fi indicatori ai altor indicatori. Indicatorii cu un grad mai ridicat de complexitate au nevoie de indicatori cu un grad mai scăzut de complexitate. Avem deci de a face cu lanţuri de indicatori. O cale sistematică de a genera indicatori cu un grad mai mare de complexitate este aplicarea unor operaţii de un anumit tip unui set iniţial de indicatori. De exemplu, există un mare număr de indicatori de ordinul al doilea. Un alt aspect important este modul de obţinere a indicatorilor globali din cei locali.

8. Tipuri de cuprindere. Indicatorii pot fi mai mult sau mai puţin teoretici (de exemplu, indicatorii statistici sofisticaţi), mai mult sau mai puţin empirici (de exemplu, imaginea unei străzi, a unei pieţe), mai mult sau mai puţin analitici, mai mult sau mai puţin holistici. Există un curent puternic în favoarea unor indicatori teoretico-analitici inteligibili şi pentru oamenii simpli. Fără astfel de indicatori, se deschid largi posibilităţi de manipulare a semnificaţiei indicatorilor.

9. Destinaţia în raport cu distincţia dintre emisfera dreaptă şi emisfera stingă a creierului. Din păcate, şi aici există un dezechilibru: majoritatea indicatorilor se adresează posibilităţilor noastre lingvistice şi logice, sînt liniari, atomistici, cantitativi, analitici, adresîndu-se deci emisferei stingi a creierului, în care sînt localizate operaţiile secvenţiale. In schimb, nu dispunem de prea mulţi indicatori a căror înţelegere să fie localizată în emisfera dreaptă, a

proceselor de intuiţie. Intrucît indicatorii calitativi sînt legaţi mai mult de activitatea intuitivă decît de cea raţională, se poate uşor înţelege de ce indicatorii intuitivi se află abia la început. Un echilibru între activitatea emisferei drepte a creierului şi activitatea emisferei stingi este un simptom de sănătate a persoanei respective. O sarcină importantă a cercetării în domeniul indicatorilor este tocmai păstrarea acestui echilibru şi instaurarea pe baza lui a unei atitudini generoase relativ la dilema intuitiv/raţional.

10. Metodele de elaborare a indicatorilor. Sînt elaboraţi de oameni simpli ? de factori de decizie ? de specialişti ? (din ce domeniu ?). Prin colaborarea unora dintre aceste categorii ? Cum se poate realiza aceasta ? Deoarece doar oamenii sînt în măsură să aprecieze gradul de satisfacere a nevoilor lor, reacţia maselor este importantă pentru posibilitatea ameliorării ulterioare a indicatorilor. De aceea, odată cu problema adecvării indicatorilor trebuie să punem şi problema capacităţii lor de a fi înţeleşi şi acceptaţi. Aceasta din urmă este una dintre problemele-cheie legate de indicatorii sociali şi individuali.

11. Cum să prelucrăm indicatorii ? Ce se întîmplă cînd diferiţi indicatori furnizează informaţii opuse despre acelaşi proces ? Cum putem articula diverşi indicatori referitori la acelaşi proces ? Cum putem elabora un calcul al indicatorilor ? Cum putem agrega indicatorii individuali luînd în considerare şi posibilele incompatibilităţi ale diferitelor cerinţe ? De exemplu, cum putem atenua imposibilitatea (pusă în evidenţă de G. Păun, *Restricţii în problema indicatorilor sociali,* în *Metode matematice în problematica dezvoltării,* coordonator S. Marcus, Editura Academiei

R.S.R., 1982, p. 133—162) de a agrega indicatorii individuali astfel încît procesul de agregare să fie simultan monoton, non-compensatoriu şi anti- catastrofic ? Fenomenul aminteşte de faimoasa teoremă a lui K. J. Arrow (*Social choice and individual values,* ed. a Il-a, Yale Univ. Press,
New Haven, 19G3), după care nu ar fi posibilă o agregare rezonabilă a unor preferinţe indi-* viduale într-o preferinţă colectivă. Cum în majoritatea cazurilor indicatorii nu intervin individual, există o cale de a investiga sistemele de indicatori ? Care sînt perspectivele şi primejdiile unei prelucrări automate a indicatorilor sociali ? Pentru a răspunde acestor dificile întrebări, trebuie să luăm în considerare unele rezultate recente privind natura antinomică şi paradoxală a unor aspecte ale agregării opiniilor, indicatorilor etc. Unele restricţii obiective care acţionează în acest domeniu arată în ce măsură ştiinţa poate contrazice intuiţia şi simţul comun. Colaborarea dintre factorii de decizie şi oamenii de ştiinţă este — cel puţin în acest sens — indispensabilă.

12. Indicatori în căutarea proceselor despre care dau seama. Trebuie să pornim de la ceea ce este evident, vizibil, pentru a face inteligibil ceea ce nu este vizibil. Uneori indicatorii sînt percepuţi chiar înainte ca procesele cărora le sînt asociaţi să fie înţelese. Acesta este itinerarul obişnuit atunci cînd se explică indicatorii copiilor.

Procese în căutarea indicatorilor. Pentru unele procese calitative este nevoie de indicatori foarte sofisticaţi. Poate apărea însă o contradicţiei între complexitatea acestor indicatori şi înţelegerea lor de către oamenii simpli. Procesele viitoare necesită indicatori deja existenţi

13. .în ce măsură pot fi indicatorii derutanţi ? Indicatorii sînt implicaţi în procese de comunicare şi prin urmare sînt supuşi tuturor pericolelor acestor procese. Este nevoie de informaţii cu privire la context pentru a înlătura posibila ambiguitate a majorităţii indicatorilor, în special indicatorii statistici pot fi manipulaţi uşor, deoarece oamenii simpli şi chiar cei mai puţin simpli nu cunosc exact condiţiile de validitate a unei statistici ştiinţifice (amintim o binecunoscută glumă a lui Von Mises : există trei feluri de minciuni : cele vinovate, cele motivate şi... statisticile !). Exemple semnificative în legătură cu unii indicatori foarte importanţi dar derutanţi se află în lucrarea lui Valaskakis şi Martin *(op. cit.).*

15. Indicatorii nu pot fi înţeleşi decît într-o viziune în acelaşi timp sistemică şi semiotică, în oare circularităţile devin un fenomen normal

.PROVOCAREA PROGRAMELOR ŞI MANUALELOR ŞCOLARE

Cum a fost contestat Euclid

Anii şaizeci au marcat, în multe ţări ale lumii, un punct de cotitură în predarea matematicii, în învăţământul ştiinţelor în general. Vechi tradiţii erau puse sub semnul întrebării. Deosebit de pregnant s-a manifestat acest fenomen în Franţa. Momentul merită să fie evocat, deoarece

matematica românească şi învă- ţământul nostru matematic s-au aflat într-o strînsă legătură eu matematica franceză. începînd din secolul trecut, cu Spira Haret, mulţi dintre matematicienii noştri de seamă au susţinut teze de doctorat la Paris şi au adus la noi ideile, preocupările, mentalitatea matematicienilor francezi.

în perioada menţionată, matematica franceză era dominată de grupul de matematicieni cunoscuţi sub pseudonimul colectiv de Nicolas Bourbaki. încă din anii treizeci, acest grup (care se primeneşte mereu, pentru a nu cuprinde decît matematicieni sub vîrsta de 50 de ani) s-a angajat într-un proiect de amploare privind aşezarea matematicii moderne pe baze structurale. Proiectul s-a concretizat de-a lungul anilor într-un număr mare de volume, a căror influenţă asupra dezvoltării matematicii a fost deosebit de importantă. în mod special, învăţământul matematic universitar din ţara noastră s-a resimţit puternic de această influenţă, încă clin deceniul al cincilea. De fapt, procesul de structuralizare se dezvoltă în matematică încă din primele decenii ale secolului nostru, simptomatică fiind în această privinţă constituirea ca discipline autonome a Topologiei, Analizei funcţionale şi Algebrei moderne de tipul celei prezentate într-o carte celebră a lui Van der Waerden. Dar prin Bourbaki matematica structurală capătă pentru prima oară o expunere sistematică şi unitară, care marchează, în matematică, un nou standard de rigoare.

Era inevitabil ca această orientare să influenţeze decisiv discuţiile angajate în anii şaizeci privind învăţământul matematic. O comisie ministerială, prezidată de Andre Lichnerowicz, membru al Academiei de Ştiinţe din Paris şi profesor la College de France, a lucrat timp de trei ani la

elaborarea unor noi programe pentru învăţămîntul matematic francez, programe a căror aplicare a început în 1969. Un element şocant în noile programe îl constituia introducerea unor elemente de teoria mulţimilor şi a limbajului corespunzător. Unele elemente de logică matematică îşi găseau astfel şi ele loc. Sînt puse în evidenţă noi perspective de aplicare a matematicii, prin introducerea în programe a elementelor de calcul matricial, atît de important pentru înţelegerea fizicii moderne, şi prin studiul numerelor în alte baze decît zece, strîns legat de funcţionarea calculatoarelor electronice. Un alt element şocant îl constituia, în noile programe, restrîngerea chestiunilor de geometrie elementară. Numeroşi fizicieni erau de părere că vechile programe consacrau un loc prea mare unor chestiuni de geometrie lipsite de aplicaţii semnificative.

Dar o atitudine negativă şi mai fermă faţă de elementele de geometrie euclidiană prezente în mod tradiţional în programele de matematică a fost manifestată de către reprezentanţii grupului Bourbaki. Profesorul Jean Dieudonne, membru al Academiei de Ştiinţe din Paris, nu s-a sfiit să proclame cu vehemenţă caducitatea geometriei euclidiene, incompatibilă cu spiritul integrativ şi structural al matematicii moderne. Dieudonne argumenta că teoremele fundamentale ale geometriei euclidiene (în orice număr de dimensiuni) sînt simple consecinţe ale conceptului de spaţiu vectorial în care se consideră o formă pătratică definită pozitiv ; prin urmare aceste din urmă elemente trebuie introduse în programa şcolară, evitîndu-se astfel complicaţiile cu triunghiuri şi cercuri. In schimb, se acordă atenţie rans-formărilor geometrice, începînd cu

translaţiile şi simetriile, transformări marginalizate în programele anterioare.

In ansamblu, noile programe propuse de comisia Lichnerowicz şi puternic marcate de gîndirea lui Bourbaki pun accentul pe structurile care se află la baza matematicii, în special structurile algebrice (grup, inel, corp etc.) şi structurile de ordine. Prin aceasta, matematica încetează de a fi o aglomerare de noţiuni şi rezultate eterogene, devenind în schimb un ansamblu organizat, în care componentele se articulează pe baza unei concepţii globale. O simplitate profundă este astfel revelată, întregul edificiu capătă o structură uşor inteligibilă.

Avantajele matematicii structurale greu pot fi contestate, iar fascinaţia pe care tratatul lui Bourbaki a stîrnit-o în special în rîndul tinerilor matematicieni de la noi şi de aiurea este pe deplin explicabilă.

Desigur, se poate pune problema dacă această viziune structurală asupra matematicii este adecvată din punct de vedere pedagogic. Comisia Lichnerowicz nu a neglijat acest aspect, dimpotrivă, i-a acordat întreaga atenţie, colaborînd cu doi dintre cei mai mari specialişti în ceea ce priveşte psihologia învăţării matematicii, Jean Piaget şi Z. P. Dienes. Piaget a studiat modul în care copilul şi tînărul asimilează structurile algebrice, topologice şi de ordine, elaborînd o întreagă periodizare în acest sens. Z. P. Dienes a elaborat tipuri de jocuri privind învăţarea matematicii la diferite vîrste. Jocul, desenul şi manipularea îşi capătă fiecare locul adecvat, în conformitate cu un vechi proverb chinez, care spune că ceea ce numai se aude, se uită uşor ; ceea ce se vede rămîne în amintire ; înţelegi cu adevărat numai ceea ce faci tu însuţi.

Programele elaborate de comisia Lichnero- wicz păstrează o bună parte din

programele anterioare, dar caută să realizeze o unificare între elementele tradiţionale şi cele moderne, mai cu seamă cu ajutorul limbajului. Prin acest fapt, matematica şcolară atinge un nou nivel de rigoare.

Cei care cunosc istoria programelor şcolare de matematică din ultimele decenii, în ţara noastră, ştiu că şi învăţământul nostru **a** pârcurs o evoluţie importantă în sensul modernizării. De altfel, aceasta a fost evoluţia predării matematicii în multe ţări ale lumii.

Spre o ştiinţă accesibilă celor mulţi

în campania de convingere a opiniei publice franceze de oportunitatea noilor programe de matematică puse în aplicare începînd cu anul 1969, autorii acestor programe se prevalau în primul rînd de situaţia nesatisfăcătoare în care ajunsese învăţământul matematic. Rezultatele acestui învăţământ erau din ce în ce mai slabe, lecţiile de matematică erau urmărite şi asimilate de tot mai puţini elevi şi, ceea ce era mai grav, mulţi profesori de matematică se complăceau în această situaţie. Astfel s-a creat mentalitatea, atît de răspîndită, conform căreia matematica este o disciplină aristocratică, destinată unui număr restrîns de elevi dotaţi. Ceilalţi elevi urmau să se resemneze cu învăţarea pe dinafară a unor procedee de rutină, care însă nu aveau nimic comun cu adevărata gîndire matematică.

Cum s-a putut ajunge la această situaţie? Prin prezentarea tot mai artificială a matematicii ca o aglomerare de trucuri, de probleme „scoase din buzunar", prin absenţa motivaţiilor în

ceea ce priveşte semnificaţia conceptelor şi teoremelor prezentate. Toate acestea erau de natură să intimideze pe elevul de rînd, care se vedea tot mai mult obligat la un efort neînsoţit de nici o satisfacţie. Prin reforma promovată de noile programe se spera să se pună capăt acestei situaţii. Se sconta că logica de ansamblu care apare într-o abordare structurală, posibilitatea de a raporta toate detaliile la cîteva relaţii fundamentale şi, deci, de a ierarhiza faptele după importanţa lor vor oferi elevilor motivaţiile necesare pentru a le face matematica nu numai inteligibilă, ci şi atractivă, prin legătura permanentă cu aspectele operaţionale şi utilitare. „Vrem să înarmăm pe copii pentru lumea anilor 1990", declara în 1971 Andre Lichnerowicz, preşedintele comisiei de reformă a învăţămîntului matematic francez. „Pentru aceasta — continua el — nu ne putem mulţumi să le dăm viitorilor fizicieni şi chimişti reţete de bucătărie; trebuie să le dăm tuturor elevilor o metodologie de gîndire care să le permită să nu se afle niciodată sub dictatura unui pumn de oameni a-toate-ştiutori". Accentuînd ideea exigenţei crescute pe care trebuie s-o avem faţă de educaţia matematică a noilor generaţii, Jean Leray, membru al Academiei de Ştiinţe din Paris şi profesor la College de France, atrăgea atenţia că azi nu mai e suficient ca un copil să înveţe să numere şi să efectueze operaţii cu numere; la zece ani, el trebuie să şi înţeleagă ceea ce face. Practica mulţimilor în în- văţămîntul elementar poate să ajute în acest sens, crede Jean Leray.

O formulare răspicată a dilemei în faţa căreia se afla învăţămîntul matematic venea din partea lui Georges Th. Guilbaud, director de studii la „Ecole Pratique des Hautes Etudes", care într-o emisiune la televiziunea franceză, la 10

ianuarie 1972, considera că fondul problemei este de a alege între un învăţămînt ştiinţific apt să dea tuturor elevilor o cultură ştiinţifică adaptată timpului nostru şi un învăţămînt elitar, care-i are în vedere numai pe cei ce vor continua studiile la universitate sau alte institute echivalente. Opţiunea era categoric pentru prima variantă.

Atitudini similare erau exprimate şi de reprezentanţii ştiinţelor fizice. Andre Lagarrigue, director al Laboratorului de acceleratori lineari de la Universitatea Paris-Sud (Orsay) şi preşedinte al Comisiei ministeriale de reformă a învăţământului ştiinţelor fizice şi al tehnologiei, declara : „Trebuie să concepem un învăţămînt ştiinţific pentru masa elevilor, nu pentru o elită restrînsă". De acord în linii mari cu reforma programelor de matematică, comisia condusă de A. Lagarrigue preconiza un învăţămînt al fizicii bazat în mare parte pe observaţie şi măsură, pe activitate practică, pe latura experimentală a fizicii, pe lucrări practice simple de mecanică, electronică şi electricitate, pe folosirea curbelor şi a reprezentărilor grafice, pe studiul pluridisciplinar al unor mari ansambluri tehnologice (de exemplu automobilul, aviaţia, televiziunea, petrolul, telecomunicaţiile).

Este lesne de înţeles că într-o problemă atît de complexă erau inevitabile unele dezacorduri atît între matematicieni cît şi între ei, pe de o parte, şi fizicieni, chimişti, naturalişti, pe de altă parte. Există totuşi un numitor comun care merită să fie subliniat, anume necesitatea unui echilibru între disciplinele abstracte, pe de o parte, şi ştiinţele de observaţie şi de experiment, pe de altă parte.

Rămînea de văzut cum se va implementa n_Q.ua reformă. Un prim semnal de alarmă, venit afît din partea

matematicienilor cît şi din partea fizicienilor, se referă la faptul că noile programe păreau prea încărcate ; ceea ce ele adăugau nu era suficient compensat de ceea ce se scotea. A doua problemă se referea la necesitatea reciclării profesorilor de matematică, în sensul noilor programe, ţinîndu-se seamă de faptul că masa acestor profesori, mai cu seamă la clasele mici, este foarte eterogenă ca grad de pregătire. Departe de a fi o improvizaţie, noua reformă, experimentată timp de vreo zece ani în unele clase speciale, nu avea cum să realizeze peste noapte reciclarea masei de profesori. Operaţia era cu atît mai delicată cu cît nu era vorba numai — şi nici măcar în primul rînd — de predarea unor cunoştinţe noi, ci şi de o nouă mentalitate în înţelegerea matematicii ca disciplină formativă.

Dar poate că dificultatea cea mai mare, în implementarea noilor programe, consta în realizarea unor manuale corespunzătoare. Aici s-au concentrat de altfel cele mai multe critici, unele venite chiar din partea partizanilor noii reforme. însuşi Lichnerowicz a reacţionat negativ faţă de modul în care gîndirea axiomatică era reflectată în noile manuale : „Axiomele sînt deseori paraşutate, în timp ce noi preconizăm, dimpotrivă, o abordare concretă, care să conducă natural la aceste axiome". Jean Leray observă că este o mare greşeală elaborarea în grabă a manualelor şcolare. Orice improvizaţie în această privinţă este plătită scump, deoarece mulţi profesori, insuficient acomodaţi cu noua materie şi cu noul spirit, manifestă o încredere oarbă în manualele după care predau. Alte critici se refereau la unele exagerări de limbaj. Este potrivit să ceri unui copil de 7 ani să înveţe cuvinte ca *echipotente* sau

disjuncte ? Este necesară această terminologie pentru înţelegerea noţiunilor respective ?

Probleme ca cele de mai sus au fost mult discutate şi la noi şi sînt în continuare discutate şi acum. Experienţele altora sînt, de aceea, foarte instructive. Le vom urmări în continuare.

Cearta „matematicilor moderne"

Ceea ce părea iniţial să fie o simplă critică a unor stîngăcii şi greşeli tehnice ale manualelor a luat rapid forma unei reacţii de mari proporţii la reforma învăţămîntului matematic. La această reacţie au participat atît mari matematicieni, ca Jean Leray şi Rene Thom, cît şi mari fizicieni, laureaţi ai premiului Nobel, ca Alfred Kastler şi Louis Neel, ingineri (ca Marc Pelegrin, director al Şcolii Normale Superioare de Aeronautică şi Spaţiu) şi părinţi ai elevilor. Aceştia din urmă se trezeau dezarmaţi în faţa unor manuale pe care nu le mai înţelegeau, fiind astfel în imposibilitate de a-şi mai ajuta odraslele. Fizicienii se arătau îngrijoraţi de natura preponderent abstractă pe care o imprimau noile programe. „Invenţia, reuşita, descoperirea nu sînt decît punctul final al unui drum complicat, care pleacă de la observarea faptelor, un drum în care logica îşi are şi ea locul ei, dar tot atît loc au şi intuiţia, tatonările, aproximaţiile succesive. Nu e oare primejdios să plecăm sistematic de la abstract ?" se întreba Andre Lagarrigue.

Marc Pelegrin *(Ne pas abandonner la regie de trois,* „Le Monde", 20 ianuarie 1972, p. 7) exprima punctul de vedere al inginerilor. El arăta că inginerul este hărţuit de un mare număr de probleme, luate individual nu prea

complicate, dar în ansamblul lor reclamînd utilizarea unui arsenal matematic bine adaptat şi într-o viziune sistemică. Avionul este un exemplu în acest sens. Calculele de rezistenţa materialelor implică manipularea unor matrice pătrate de dimensiuni uriaşe; este vorba aici nu de calcule ocazionale, ci de calcule efectuate zilnic pentru realizarea platformelor de foraj sau a aripilor de avion. Fără calcul matricial, nici avionul Concorde nici podul de la Tancarville nu ar fi fost posibile. Matematicile sînt deci indispensabile inginerului, o reformă în acest sens a predării matematicii fiind vitală, deoarece matematicile predate pînă în 1950 erau cu totul insuficiente. Pelegrin se arăta totuşi neliniştit de o anumită evoluţie posibilă, întrebîndu-se ce se va în- tîmpla cînd, progresiv, problemele cu robinete şi cu trenuri şi rezolvarea ecuaţiei de gradul al doilea vor face loc studiului sistemelor de numeraţie în baza 5 sau 12. Pentru acei elevi care nu vor face studii superioare este oare cunoaşterea altor sisteme de numeraţie preferabilă posibilităţii de a rezolva o problemă cu trenuri care pleacă în sensuri opuse ? Pelegrin se arată însă satisfăcut de introducerea în noile programe a noţiunilor relative la calculul matricial, a chestiunilor de logică (anterior predate numai studenţilor în filosofie) şi a tuturor chestiunilor relative la structuri, chestiuni fără de care nu pot fi înţelese sistemele complexe cu care este confruntat un inginer. Pelegrin mai subliniază importanţa pe care o prezintă, în formaţia unui inginer, noţiunile de calculul probabilităţilor (lumea industrială este de natură probabilistă), de analiză numerică (pentru a şti să transferi calculele unui calculator) şi de logică formală (importantă în automatică). Dar toate aceste lucrări noi nu au dreptul să

elimine „chestiuni care rămîn de o manieră intrinsecă ale inginerului : calculul diferenţial şi integral, seriile convergente sau... regula de trei".

O critică directă şi detaliată a noilor manuale a venit din partea lui Jeean Leray *{Les mathematiques „modernes"*, „Gazette des Ma- thematiciens", no. 64, octombrie 1971, p. 5— 11), care mărturiseşte că articolul său, iniţial o improvizaţie orală la o discuţie care a avuit loc la Institutul Henri Poincare la 25 februarie 1971, s-a născut dintr-o întîmplare. Un elev a venit la el pentru a-i cere explicaţii în legătură cu următorul text aflat în manualul şcolar : „O mulţime finită (nevidă) *E* este prin definiţie imaginea bijeetivă a unui segment [1, a] al mulţimii *N* a întregilor naturali. Două mulţimi finite au, prin definiţie, acelaşi cardinal dacă şi numai dacă ele pot fi puse în bijec- ţie. Se demonstrează tranzitivitatea relaţiei card *(E)* = card (F). Definiţie : Numărul *a* este cardinalul segmentului [1, a] sal lui N^{u}. Leray observă că ultimul enunţ trebuie să aibă forma : „aplicaţia care asociază lui *a* pe card [l,a] este bijeetivă"; nu este vorba de o definiţie, ci de o consecinţă a axiomei (absentă din manual) : o mulţime finită nu poate fi pusă în bijecţie cu nici o parte strictă a ei. Dar această omisiune făcea parte dintr-una mai generală : întregul text dedicat în manual mulţimilor finite nu se sprijină pe nici o proprietate caracteristică a întregilor sau a mulţimilor finite, putîndu-se deci aplica şi segmentelor din R şi mulţimilor infinite. Se „demonstrează" astfel că nu se pot pune în bijecţie două segmente de dreaptă decît dacă au aceeaşi lungime, ceea ce ar însemna, observă mucalit Leray, că orice hartă a Franţei este obligată de a avea dimensiunile Franţei. „Acestea sînt

matematicile moderne", exclamă sarcastic Leray.

Aşa cum am arătat anterior, Leray nu s-a opus noilor programe ; recunoaşte şi în articolul pe care-l discutăm acum că Lichnerowicz are idei sănătoase şi clare, că vrea să se postuleze ceea ce elevului îi apare evident iar fizicienii, chimiştii şi biologii să folosească în mod oportun şi corect termenii matematici. Dar cei care trebuiau să pună în practică aceste idei s-au descurcat mai greu. Astfel, observă Leray, este cu totul nefericit ca primul exemplu de mulţime să fie o mulţime de... mulţimi (se cunosc dificultăţile logice asociate cu acest concept), iar al doilea exemplu să fie „mulţimea proprietăţilor unui obiect". Care este mulţimea proprietăţilor unui punct ? se întreabă batjocoritor Leray. Postulatul lui Euclid nu este „un enunţ pe care nu ştim să-l demonstrăm", cum se spune în manualul incriminat, ci definiţia însăşi a geometriei euclidiene, observă Leray.

Concluzia lui Leray : în concepţia noilor manuale, matematicile moderne sînt o acumulare de definiţii ale unor noţiuni ale căror proprietăţi caracteristice (adică axiome) nu sînt enunţate şi despre care nu se stabileşte nici o proprietate importantă ; astfel de noţiuni nu prezintă interes şi nu se poate raţiona logic cu ele. A le învăţa este un exerciţiu de memorie nociv inteligenţei. Nu aceasta au vrut autorii programelor, ei au cerut profesorilor de matematică să utilizeze cu bun simţ, atunci cînd împrejurarea o cere, termenii corecţi ai limbajului ştiinţific contemporan, chiar înainte ca sensul lor ştiinţific să poată fi riguros definit elevilor, printr-un sistem de axiome.

Este necesar să modernizăm învăţămîntul matematic, dar predarea „matematicilor moderne" este o iluzie, crede Leray, care constată că învăţămîntul

superior va trebui în continuare să recomande multor studenţi : „Uitaţi ceea ce aţi învăţat la liceu".

Matematicienii provoacă pe fizicieni

Alfred Kastler, laureat al Premiului Nobel pentru fizică, a fost unul dintre criticii cei mai acerbi ai reformei învăţământului matematic francez. Preşedintele comisiei de reformă, matematicianul Andre Lichnerowicz, i-a răspuns printr-o scrisoare publică inserată în ziarul „Le Figaro", nr. 8513, 27 ianuarie 1972, p. 26), pe care o vom relata şi comenta în cele ce urmează.

Lichnerowicz îşi manifestă de la început adeziunea la ideea lui Kastler de a dezvolta la elevi observaţia concretului şi un anumit tip de imaginaţie, dar îi atrage atenţia lui Kast- ler că, în timp ce matematicienii lucrează de mai mulţi ani la o reformă a învăţământului matematic, nici o concepţie globală şi nici măcar sugestii nu au venit din partea fizicienilor, în vederea unei reforme corespunzătoare a învăţământului fizicii. O comisie în acest sens, pentru fizică, a luat naştere cu mare întîr- ziere, crearea ei fiind susţinută şi aprobată cu sprijinul puternic al matematicienilor. Fizicienii care făceau parte din această comisie au constatat, în 1971, că, în conţinutul său, învăţământul fizicii rămăsese substanţial acelaşi de 70 de ani, în contrast cu înnoirea pe care a cunoscut-o, în această perioadă, învăţământul chimiei şi al biologiei. In continuare, Lichne- rowicz reproşează fizicienilor universitari francezi că, spre deosebire de colegii lor din alte ţări, s-au dezinteresat de problemele puse de învăţământul fizicii în licee. Gravitatea

acestei situaţii este accentuată de faptul că învăţămîntul secundar a devenit, cel puţin în primul său ciclu, un învăţămînt pentru toţi, pretinde Lichnerowicz, un învăţămînt care se adresează unor copii care trăiesc într-o lume profund diferită de aceea din urmă cu 50 de ani. Electricitatea, de exemplu, face parte din viaţa cotidiană. Adolescentul de 16 ani pe care vrei să-l iniţiezi în „misterele" **curentului** continuu şi ale celui alternativ poate avea impresia că-ţi rîzi de el; ar fi trebuit să-l iniţiezi mult mai devreme.

Lichnerowicz îl invocă în continuare pe fizicianul Pauli (laureat al premiului Nobel) care, referindu-se la învăţămînt, observa că o idee ştiinţifică realmente nouă implică o reformă, care se constituie într-un nou pariu, un pariu reînnoit şi într-un viitor care urmează să fie construit. Ştiinţa, observă Lichnerowicz, nu este o acumulare de straturi geologice disparate, provenind din epoci diferite ; în procesul de iniţiere ştiinţifică, abordarea istorică (foarte des fals-istorică) este contraindicată, deoarece iniţierea în ştiinţă este altceva decît istoria ştiinţelor. învăţămîntul fizicii îi apare lui Lichnerowicz (ca şi lui Kastler de altfel) învechit, deseori „livresc" şi insuficient de atent cu latura experimentală, cum de altfel şi Kastler o recunoaşte.

Faţă de o atare situaţie dezechilibrată a în- văţămîntului ştiinţelor, Lichnerowicz accentuează responsabilitatea morală a savanţilor de a oferi tinerilor cheile lumii de azi şi de mîine.

Referindu-se la reforma învăţămîntului matematic francez, Lichnerowicz observă că în elaborarea noilor programe un rol determinant l-au avut profesorii de liceu. Aceste programe nu exagerează aspectele abstracte, cum au afirmat unii fizicieni şi ingineri, ci pun accentul pe calculul numeric şi algebric, neglijat anterior.

Multe critici la adresa noilor programe se datorează necunoaşterii naturii matematicii şi a rolului modelelor matematice în reprezentarea realului, crede Lichnerowicz, care îl invită pe Kastler să consulte, în acest sens, faimoasa carte a lui Albert Einstein *Geometria şi experienţa.* Ca orice ştiinţă, matematica include două discursuri : un discurs de creaţie, puţin vag, cuprinzînd motivaţii şi observaţii, dominat de intuiţie şi de imaginaţie şi un discurs de comunicare, care-ţi permite să te faci înţeles de un altul în mod adecvat, fără denaturări sau ambiguităţi.

Această din urmă idee, pe care din păcate Lichnerowicz n-o dezvoltă mai mult, ni se pare de o considerabilă importanţă. Multe nemulţumiri la adresa noilor manuale au fost generate tocmai de un insuficient echilibru între cele două discursuri, discursul de comunicare tinzînd să acapareze consideraţiile, în dauna discursului de creaţie. Desigur, Lichnerowicz are dreptate în a afirma că iniţierea în ştiinţă, trebuind să procedeze de la simplu la complex, se abate de multe ori de la ordinea istorică a lucrurilor ; dar de aici pînă la eludarea ordinii istorice, cum se întîmplă de multe ori, este o distanţă mare. Nu este greu de văzut că între marginalizarea discursului de creaţie şi eludarea aspectului istoric este o legătură strînsă. Lichnerowicz este conştient de aceste lucruri; el observă că matematica nu-i o simplă colecţie de axiome, ci gîndirea imaginativă şi creatoare de metode şi tehnici oare se exprimă prin simboluri şi formule. Tocmai această gîndire trebuie să încercăm s-o inoculăm copiilor, învăţîndu-i desigur să manipuleze şi tehnicile asociate. Experienţa arată — observă Lichnerowicz — că în măsura în care punem accentul pe tipul de gîndire subiacent matematicii,

tinerii arată şi ei mai mult interes pentru matematică. Matematicile sînt considerate abstracte pentru că sînt policoncrete, aplicîndu-se fără specificitate unor activităţi dintre cele mai variate, care cuprind o bună parte din civilizaţia noastră tehnică. în încheiere, Lichnerowicz îl întreabă pe Kastler : poţi fi de acord cu acel învăţămînt matematic tradiţional (pe care şi tu l-ai primit) care lasă impresia că matematicienii sînt doar oameni care judecă şi nu creatori, în ciuda faptului că ei au contribuit atât la inteligenţa umană, în particular, la înţelegerea lumii fizice ?

în replică, M. Marck, preşedintele Uniunii Fizicienilor Francezi, consideră că problema reformei se pune altfel pentru fizică decît pentru matematică. Matematica şi-a restructurat înseşi bazele ei, ceea ce reclama, firește, o re-considerare completă a programelor. După demolarea clădirii vechi, s-a construit alta nouă ; lucru posibil deoarece modificările erau pur conceptuale. Cu fizica şi chimia, lucrurile s-au petrecut altfel. în elaborarea programelor corespunzătoare, trebuie să se ţină seamă de realitatea fenomenelor naturale. Nu ne putem deci lipsi de fizica clasică, fie ea şi din secolul al XlX-lea, deoarece ea realizase deja o cunoaştere foarte elaborată a unei mari părţi a fenomenelor fizice.

In încheiere, să-i dăm cuvîntul, pentru arbitraj, ilustrului savant Paul Germain, fost preşedinte al Oficiului naţional francez pentru cercetări aerospaţiale. Acesta consideră că trebuie creat de la începutul studiilor secundare (gimnaziul) un învăţămînt general al ştiinţelor (matematică, fizică, chimie) şi adaugă : „Un atare învăţămînt nu poate fi realizat decît dacă fizicienii se arată deschişi şi

gata de a-şi revizui eventual unele metode de gîn- dire... Matematicienii noştri s-au arătat poate prea novatori în concepţiile lor despre învăţământ, nu le rămîne fizicienilor decît a nu se arăta prea conservatori!".

Utilitatea gratuitului

Una dintre cele mai substanţiale contribuţii la dezbaterile privind modernizarea predării matematicii în şcoală aparţine lui Rene Thom, mare matematician francez, laureat al medaliei Fields (un fel de premiu Nobel pentru matematică), autor al teoriei matematice a catastrofelor, cu aplicaţii în biologie, lingvistică, economie şi numeroase alte domenii. Avem în vedere, în cele ce urmează, articolul publicat de Rene Thom în „L'Âge de la Science", voi. 3, 1970, no. 3, p. 225—242 sub titlul foarte semnificativ : *Les mathematiques „modernes" : une erreur pedagogique et philosophique ?* A se vedea însă şi alte intervenţii ale aceluiaşi autor (cum ar fi : *Modern mathematics: Does it exist ?* în „Developments in Mathematioal Edu- cation", editor A. G. Howson, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1973).

Rene Thom compară mai întîi noile programe cu cele vechi şi constată că s-a creat un dezechilibru în sensul că algebra a căpătat o mare extindere, în dauna geometriei euclidiene tradiţionale. Două au fost în primul rînd argumentele care au dus la eliminarea geometriei tradiţionale din programele franceze de matematică. Primul argument este teoretic : aşa cum rezultă din cercetările iniţiate de Hilbert, în legătură cu bazele geometriei, pretinsa rigoare a *Elementelor* lui Euclid este compromisă

prin apelul frecvent la intuiţie. Al doilea argument este de natură practică : o mare parte din consideraţiile de geometrie plană, relative la triunghiuri şi la cercuri, este lipsită de utilitate. Cine are nevoie de dreapta lui Simpson sau de cercul celor nouă puncte al lui Euler ?

Să urmărim pledoaria lui Thom pentru geometrie. In ceea ce priveşte lipsa de utilitate în viaţa de fiecare zi, Thom este de părere că nici algebra nu se află într-o poziţie mai favorabilă. Cine — se întreabă Thom — a avut nevoie,' în viaţa curentă, să rezolve o ecuaţie de gradul al doilea sau să folosească explicit noţiunea de modul peste un inel ? Desigur, s-ar putea replica aici că utilitatea trebuie apreciată în sensul perspectivei ştiinţifice oferite, întrebarea legitimă ar fi nu de cîte ori în viaţa practică am avut nevoie de dreapta lui Simpson sau de ecuaţia de gradul al doilea, ci în ce măsură aceste chestiuni intervin în viaţa internă a ştiinţei, a matematicii în primul rînd. Va trebui atunci să recunoaştem că matematicienii care au avut nevoie, în profesia lor, de dreapta lui Simpson sînt incomparabil mai puţini (dacă nu cumva inexistenţi) decît cei care s-au în- tîlnit cu ecuaţiile algebrice şi cu noţiunea de modul peste un inel. Lipsa de perspectivă a multor chestiuni de geometrie plană nu poate fi contestată ; dar nu toate noţiunile şi rezultatele geometriei plane se află în această situaţie. Nimeni nu poate contesta importanţa teoremei lui Pitagora, a formulelor care dau ariile şi perimetrele diferitelor figuri sau a diferitelor tipuri de transformări geometrice. Noile programe n-au preconizat eliminarea întregii geometrii ; numai că partea care n-a fost eliminată a devenit, în bună măsură, un capitol de algebră lineară.

Dar nu pe temeiul utilităţii ia Rene Thom apărarea geometriei euclidiene. Mai general, el consideră că nu utilitatea este criteriul principal pe baza căruia trebuie selectate chestiunile care urmează să fie predate elevilor. Elementul decisiv în învăţămîntul şcolar este formarea gîndirii, a aptitudinilor intelectuale şi morale. Aici, Rene Thom lansează o idee profundă şi subtilă, în jurul căreia va merita să întîr- ziem. El consideră că este imposibil să formezi gîndirea şi să dezvolţi iniţiativa elevului în cadrul unei discipline care nu include şi unele aspecte gratuite. Pentru a-i dezvolta personalitatea şi pentru a-l putea evalua corect, trebuie să-l plasezi într-un rol activ, în care să poată arăta care este spiritul lui de iniţiativă, cît de întreprinzător este. Toate acestea nu sînt posibile în cadrul unor elemente strict utilitare, deoarece utilitarul se asociază cu formula, cu reţeta, cu rutina, iar şcolarul excelează aici prin memorarea exactă şi rapidă a unui anume material. Valoare educaţională au acele chestiuni în care rămîne loc şi pentru joc, iar dintre toate jocurile geometria euclidiană i se pare lui Thom cel mai puţin gratuit şi cel mai bogat în semnificaţii, deoarece manifestă un remarcabil echilibru între aspectul logic şi cel intuitiv. Problemele de geometrie cer o combinaţie de timp, efort, concentrare şi putere de asociere şi nu pot fi înlocuite cu structuri algebrice ; pentru acestea din urmă nici nu există, la vîrsta şcolară, o motivaţie adecvată, crede Thom. în continuare şi în consecinţă, Thom consideră profund dăunătoare tendinţa actuală de a înlocui geometria cu algebra. La nivel de şcoală, probleme adevărate sînt numai cele de geometrie. Cele de algebră sînt simple exerciţii reclamînd aplicarea oarbă a unor reguli şi proceduri prestabilite. Cu

rare excepţii — continuă Thom — nu poţi cere unui elev să demonstreze o teoremă de algebră ; dacă răspunsul nu este aproape evident, obţinîndu-se prin directa substituire a definiţiilor, atunci sînt mari şanse ca problema să depăşească, ca grad de dificultate, chiar posibilităţile elevului celui mai dotat. Singura matematică din care elevul învaţă într-adevăr ce este o teoremă şi ce este o demonstraţie rămîne geometria euclidiană tradiţională, conchide Thom.

Desigur, ştiinţa utilă tinde spre procedee algoritmice, deoarece numai în acest fel se poate folosi comod în mod repetat. Tot spre procedee algoritmice tinde şi procesul de predare a ştiinţei, pentru ca în acest fel să se poată obţine uşor un randament oarecare chiar din partea elevului mijlociu sau slab şi să se poată uşor cuantifica şi ierarhiza, pentru a fi notate, răspunsurile elevilor la diferite texte şi examinări. Este geometria euclidiană singura disciplină şcolară care se poate sustrage de la această situaţie ? Pe vremuri, matematica şcolară punea mult accent pe aritmetică, ale cărei virtuţi formative nu par inferioare geometriei. Există multe probleme privind numerele prime (începînd cu teorema lui Euclid, care afirmă infinitatea lor), foarte echilibrate oa grad de dificultate şi care parcă oferă o perspectivă mai interesantă decît dreapta lui Simpson şi cercul celor nouă puncte. Nici din algebra şcolară nu lipsesc problemele nici triviale nici prea grele (de exemplu, punerea în ecuaţie a unei situaţii practice). Mai sînt apoi combinatorica, grafurile, probabilităţile şi multe altele. Rene Thom are dreptate dacă ne raportăm la ceea ce se întîmplă de fapt, nu şi în principiu. Posibilităţile formative ale matematicii şcolare sînt

departe de a fi folosite în mod corespunzător.

Geometrie, nu pleca !

Rene Thom explică succesul istoric al *Elementelor* lui Euclid prin faptul că geometria euclidiană este primul exemplu de transcriere a unei proceduri spaţiale bi- sau tri- dimensionale în limbajul scris unidimensional. Geometria euclidiană se aplică, prin aceasta, unei situaţii precise, prezentă în limbajul de fiecare zi. Funcţia de bază a limbajului ordinar este, în ultimă instanţă, de a descrie procesele spaţio-temporale care ne înconjoară şi a căror topologie este transparentă în sintaxa propoziţiilor care le descriu (Rene Thom, *Topologie et linguistique,* în „Essays on Topology and Related Topics", Andre Haefliger and Ragha- van Nerasimham eds. ; *Memoires dedies ă Georges de Rham,* Springer Verlag, New York, 1970, p. 226—248). în geometria euclidiană avem a face cu aceeaşi funcţie a limbajului, dar de această dată grupul de echivalenţe care operează asupra formelor este un grup Lie, grupul metric, în contrast cu grupurile care descriu invarianţa topologică a reprezentării, permiţînd recunoaşterea unor obiecte ale lumii exterioare, aşa cum sînt ele descrise de denumirile lor în limba naturală.

Pentru Rene Thom, geometria este un intermediar natural, probabil de neînlocuit, între limbajul ordinar şi formalismul matematic, unde fiecare obiect este redus la un simbol iar grupul de echivalenţe se reduce la identitatea simbolului scris cu el însuşi. Din acest punct de vedere, stadiul marcat de

gîndirea geometrică nu poate fi omis în nici o dezvoltare normală a activităţii umane raţionale. **In** ultimii 60 de ani s-a pus un accent deosebit pe reconstrucţia continuului geometric, pornin- du-se de la numerele naturale şi folosindu-se teoria tăieturilor lui Dedekind sau completarea corpului de numere raţionale. Thom vede în continuul geometric o entitate primordială, atît din punct de vedere psihologic cît şi din punct de vedere ontologic. Dacă reuşim să conştientizăm anumite lucruri, atunci acestea sînt în primul rînd spaţiul şi timpul; dar percepţia continuităţii geometrice este, într-un anume sens, inerentă oricărui proces de conştientizare, crede Thom.

Treptat însă, continuul geometric, ■ iniţial omogen şi amorf, se structurează, instrumentul cel mai important în acest sens constituindu-l grupul metric, care permite introducerea discontinuităţii şi a operaţiilor discrete. Procedura, ca atare, este însă foarte sofisticată. Abia în timpurile moderne a reuşit matematica să se întoarcă la sursele ei continue, întemeind astfel topologia, prin care s-a eliberat de dominaţia grupului metric. Nefiind nici metrică nici cantitativă, topologia este fundamental calitativă şi nu se poate sprijini decît pe simbolismul discret al unui limbaj semiformali- zat. Invarianţii topologici, cu rădăcini mai adînci, sînt mai greu accesibili, din punct de vedere conceptual, decît invarianţii metrici. Ne dăm astfel seama că trecerea de la gîndirea de fiecare zi la gîndirea formalizată are ca intermediar natural gîndirea geometrică. Acesta a fost, de-a lungul istoriei, itinerarul gîndirii u- mane şi, dacă acordăm credit legii lui Haeckel, după care ontogenia repetă filogenia, cu alte cuvinte dezvoltarea individului repetă evoluţia speciei, trecînd, în esenţă, prin

aceleaşi stadii, atunci trebuie să admitem că dezvoltarea gîndirii umane raţionale parcurge itinerarul gîn- dire ordinară — gîndire geometrică — gîndire formalizată.

O abordare în sens invers, de la individ la specie, prin descifrarea filogeniei cu ajutorul ontogeniei, se află la S. T. Parker şi K. R. Gib- son (*A developmental model of the evolution of language and intelligence in early hominids,* „Behavioral and Brain Sciences", voi. 2, 1979, p. 367—381). Aceştia au studiat modalitatea prin care copiii dobîndesc diferite tipuri de îndemînări, culminînd cu gîndirea conceptuală ; pe această bază ei intenţionau să stabilească, în virtutea legii lui Haeckel, procesul prin care hominoizii şi omul primitiv au evoluat spre gîndirea conceptuală. Ar fi interesant de confruntat ipoteza lui Thom (privind rolul gîndirii geometrice în această evoluţie), cu rezultatele sau sugestiile cercetărilor întreprinse de Parker şi Gibson. Să observăm totuşi, împreună cu Mărio Bunge (*Philosophical problems in linguistics,* Erkenntnis, voi. 21, 1984, p. 107—173, în special p. 144), că legea lui Haekel trebuie luată cu aproximaţie ; nounăs- cuţii nu au un sistem nervos matur şi nu trebuie să-şi apere existenţa în luptă cu animalele sălbatice şi cu alte adversităţi ale mediului, aşa cum era cazul cu omul primitiv.

Geometria euclidiană a fost sacrificată nu numai în Franţa, ci şi în alte ţări, de exemplu în Anglia, fapt care a provocat reacţia unui alt mare geometru, Michael Atiyah (la Conferinţa Internaţională de Educaţie Matematică din 1976). Mai recent, un matematician de la Polytechnic of the South Bank, din Londra, Ramesk Kapadia, a susţinut o teză de doctorat privind importanţa pedagogică a geometriei euclidiene şi a publicat un articol în acest sens (*Bring back*

geometry, „The Mathematical Intelligencer", voi. 7, 1985, no. 2, p. 53, 54, 65). Kapadia susţine că nu există domeniu mai adecvat decît geometria euclidiană pentru a le explica elevilor în ce constă gîndirea deductivă, gîndire care s-ar afla în inima matematicii şi ar separa matematica de orice altă disciplină. Nu avem gîndire deductivă şi în aritmetică sau în combinatorică ? Da, recunoaşte Kapadia, dar geometria are avantajul de a face apel la desene şi figuri care facilitează sesizarea unei probleme ca un întreg. Acest suport vizual este foarte important în educaţia matematică a copilului. Kapadia invocă faptul că, atît din punct de vedere matematic cît şi istoric, geometria euclidiană îşi merită un loc în programele şcolare. Influenţa ei se exercită mult dincolo de graniţele matematicii, fiind primul şi cel mai important exemplu de sistem deductiv. Geometria euclidiană este o parte esenţială a moştenirii culturale. Axiomele ei sînt acceptabile intuitiv ; chiar în ceea ce priveşte postulatul paralelelor, cei mai mulţi se arată surprinşi la ideea că el ar putea să nu fie satisfăcut. Problemele de geometrie sînt de o mare varietate şi de grade de dificultate mergînd de la banale la foarte grele, ceea ce permite antrenarea totalităţii elevilor. Desigur, nu e nici posibil nici de dorit să se predea toate cărţile lui Euclid. Kapadia este de părere că rezultatele din primul volum al *Elementelor,* privitoare la triunghiuri, pot fi studiate experimental. Volumul al treilea, dedicat cercului, se pretează cel mai bine unui tratament deductiv.

De fapt, esenţa pledoariei lui Kapadia are în vedere importanţa figurilor şi desenelor în educaţia matematică a copiilor, în ciuda faptului că multe rezultate din ultima sută de ani, mai cu seamă în Analiza matematică, s-au dovedit

a fi în contradicţie cu intuiţia vizuală comună. Totuşi, crede Kapadia, în cele mai multe cazuri figurile şi desenele ne orientează în direcţia cea bună. Prin înlocuirea geometriei cu algebra, suportul vizual al matematicii şcolare a slăbit considerabil. 11 putem recupera şi altfel decît aducînd înapoi geometria ?

Rene Thom despre rigoare

Una dintre obiecţiile majore aduse geometriei euclidiene, pentru a se justifica scoaterea ei din programa şcolară de matematică, se referă la insuficienta rigoare pe care ea ar prezenta-o în raport cu exigenţele matematicii actuale. Desigur, cel puţin în ultima sută de ani, geometria euclidiană a fost predată în şcoală în versiuni mai riguroase decît aceea din cărţile lui Euclid. După cum s-a mai remarcat, textul lui Euclid nici nu are calităţi didactice deosebite. în adaptarea pentru învăţămînt a *Elementelor* lui Euclid, un rol important l-au avut Clairaut în Franţa şi Felix Klein în Germania. Dar chiar şi cu aceste adaptări, nu este atins nivelul de rigoare preconizat ulterior de David Hilbert, care a impus o nouă concepţie privind axiomatizarea geometriei. Experimente privind introducerea în şcoală a unor axiomatici moderne ale geometriei nu au lipsit nici la noi în ţară, dar nu despre aceasta vrem să discutăm acum. Ne propunem ca, pornind de la ideile lui Rene Thom, să examinăm problema delicată a rigorii în matematică şi în ştiinţă în general.

Rene Thom constată mai întîi că încercarea de a înlocui geometria euclidiană şcolară cu o versiune acceptabilă a axiomaticii propuse de Hilbert a eşuat datorită complexităţii acesteia din urmă. Punînd, de o manieră

mai generală, problema rigorii matematice, Thom distinge trei atitudini posibile. Prima atitudine este identificarea rigorii cu ideea de formalizare, aşa cum a fost ea elaborată de Hilbert în deceniile al doilea şi al treilea ale secolului nostru. Din acest punct de vedere, un raţionament este riguros dacă procedează în cadrul unui sistem formal S definit cu ajutorul unei colecţii de termeni, al unei colecţii de relaţii şi al unei mulţimi *R* de reguli de deducţie. O parte din relaţii constituie axiomele sistemului *S.* O relaţie este o teoremă în S dacă se poate obţine pornindu-se de la o axiomă, prin aplicarea de un număr finit de ori a unor reguli din *R.*

Acesta este tipul de rigoare acceptat azi de cei mai mulţi matematicieni. Ceea ce interesează într-un sistem formal este corectitudinea deducţiei, deci aspectul pur sintactic. Aici se potriveşte faimoasa vorbă de spirit a lui Ber- trand Russell : „Matematica este domeniul în care nu ştim niciodată despre ce este vorba, nici dacă ceea ce spunem este adevărat". într-adevăr, într-un sistem formal „nu ştim despre ce este vorba" în sensul că nu este necesar să se precizeze natura termenilor şi a relaţiilor, ci numai regulile lor de concatenare.

în axiomatizarea pe care o propune pentru geometrie, Hilbert pleacă la drum cu trei mulţimi ; elementele primeia le numeşte *puncte,* ale celei de a doua *drepte* iar pe ale celei de a treia *plane.* Dar, după aceasta, Hilbert a- daugă : „Trebuie să fim în stare în orice moment să spunem *mese* în loc de *puncte, scaune* în loc de *drepte* şi *halbe de bere* în loc de *plane*[u]*.* Desigur, prin aceasta Hilbert ne atrage atenţia că în axiomatizarea sa punctele, dreptele şi planele sînt introduse pe cale pur sin-

tactică ; nu natura lor intervine, ci modul în care ele intră în relaţie.

Dar pentru a înţelege acest regim relaţional, situaţional al punctelor, dreptelor şi planelor, deci pentru a înţelege modul în care au fost descoperite axiomele care le guvernează, este bine ca atunci cînd Hilbert se referă la puncte, drepte şi plane, să ne gîndim chiar la puncte, drepte şi plane. Situaţia este deci diferită de aceea a pieselor de şah. Denumirile acestora sînt lipsite de o bază intuitivă sau, cel mult, dacă o astfel de bază există, ea este slabă. Ceea ce individualizează o piesă de şah este exclusiv modul în care se operează cu ea ; materialul din care este ea făcută, forma, mărimea şi denumirea ei sînt pur convenţionale, iar modul în care se operează cu ea nu este motivat de o experienţă intuitivă anterioară.

Deducţiile pot fi corecte sau nu în raport cu convenţiile din *S*, dar adevărul unei teoreme, în măsura în care presupune o confruntare cu situaţii din afara sistemului *S*, nu coincide cu corectitudinea ei. De exemplu, dacă luăm ca axiomă relaţia „Trei este mai mic decît doi", atunci prin aplicarea regulii conform căreia o inegalitate se păstrează oînd în ambii membri se adaugă acelaşi număr, se obţine teorema „Patru este mai mic decît trei", teoremă corectă în sistemul formal adoptat, dar neadevărată în raport cu unele situaţii din afara sistemului.

Proiectul lui Hilbert era de a funda, cu ajutorul sistemelor formale, ideea de demonstraţie, compromisă anterior prin apariţia paradoxurilor teoriei mulţimilor. Dar acest proiect a primit o lovitură serioasă în 1931, cînd Kurt Godel a arătat că încercarea de a formaliza aritmetica eşuează atîta vreme cît dorim ca sistemul

formal obţinut să fie şi complet (adică să includă întreaga aritmetică) şi ne-contradictoriu. Dar, deoarece această teoremă a lui Godel nu poate fi prezentată aici (a se vedea, totuşi, o demonstraţie a ei în lucrarea noastră *Paradoxul,* Editura Albatros, 1984) şi trebuie acceptată pe credit, vom recurge la un anume mod de a sugera un dezavantaj al rigorii ca sistem formal. Rene Thom ne invită să ne imaginăm un sistem formal S sub forma unei maşini electronice M capabilă să efectueze cu o viteză fantastică deducţiile din sistemul S. Să presupunem că despre o anumită formulă *F* maşina M stabileşte, prin efectuarea a 10 la puterea 30 operaţii elementare (totul petrecîndu-se în cîteva secunde), că este o teoremă în sistemul *S.* Care matematician va accepta fără ezitare validitatea unei astfel de „demonstraţii", dată fiind imposibilitatea de a-i verifica toţi paşii ? (Să observăm că ulterior tnomentului în care Thom a imaginat această situaţie demonstrarea teoremei celor patru culori cu ajutorul calculatorului a confirmat îngrijorarea lui Thom). Dezavantajele atitudinii formaliste faţă de rigoare au fost argumentate şi de G. Kreisel (*The formalist-po- sitivist doctrine of mathematical precision in the light of experience,* L'Âge de la Science, voi. 3, 1970, p. 17—46)

.A doua atitudine posibilă faţă de rigoare este numită de Thom empirică sau sociologică şi constă în a accepta o demonstraţie ca riguroasă dacă ea obţine adeziunea specialiştilor de frunte ai domeniului căruia ea îi aparţine. în ciuda caracterului său vag, acest mod de a ve-dea rigoarea i se pare lui Thom cel mai

acceptabil. „O demonstraţie este riguroasă dacă obţine adeziunea tuturor cititorilor cu pregătirea corespunzătoare pentru a o înţelege". Aceasta revine, pentru Thom, la înţelegerea tuturor simbolurilor folosite şi la cunoaşterea regulilor lor de folosire. Din acest punct de vedere, rigoarea îi apare lui Thom ca o proprietate esenţial locală a raţionamentului matematic. Pentru a aprecia validitatea unui raţionament, nu e nevoie de nici o structură axiomatică specială şi de nici un fel de maşină conceptuală (cum ar fi sistemul formal); este suficient să înţelegi semnificaţia simbolurilor folosite şi să ai o idee clară despre modul lor de combinare, crede Thom.

Dar poate că o imagine şi mai clară despre felul în care vede Thom problema rigorii rezultă din următoarele două afirmaţii ale sale : 1. Contrariul rigorii este imprecizia; 2. Nu există o definiţie riguroasă a rigorii. Dacă cea de a doua afirmaţie nu trezeşte nici o îndoială, prima merită să fie discutată. O vom face în continuare, discutînd şi cea de a treia atitudine posibilă faţă de rigoare.

Această atitudine constă în adoptarea punctului de vedere al lui Platon, pentru care entităţile matematice au o existenţă independentă de gîndirea noastră, sub forma unor idei absolute. O propoziţie P este adevărată dacă exprimă o relaţie între idei de acest fel, cu alte cuvinte dacă este o idee de ordin superior care structurează un grup de idei aflate in subordinea ei. O atare atitudine nu a găsit mulţi adepţi deoarece ridică dificultăţi evidente, de natură ontologică. în ceea ce priveşte situarea rigorii în opoziţie cu imprecizia, este uşor de văzut că acest deziderat este cel mai bine satisfăcut de conceperea rigorii ca formalizare. Atitudinea pragmatică preferată de Rene

Thom riscă să imprime rigorii un coeficient de subiectivitate.

PROVOCAREA SOCIALA ŞI CULTURALA A MATEMATICII

De la revoluţia ansamblistă Ia cea computaţională

Matematica, una dintre ştiinţele cele mai venerabile, cu o istorie milenară captivantă şi, în acelaşi timp, derutantă se află în ultima vreme în faţa unor provocări fără precedent. Generaţii după generaţii au văzut în matematică o disciplină care intervine în viaţa practică mai mult prin partea ei elementară, partea teoretică, speculativă fiind numai indirect şi, uneori, destul de slab legată de realitatea imediată. Contraexemplele la o atare viziune simplificatoare sînt numeroase, dar din păcate ele sînt accesibile numai unui număr restrîns de specialişti. Aşa se face că pînă prin deceniul al cincilea al secolului nostru matematica era, în opinia publicului larg, o ştiinţă a cărei rază de acţiune nu prea trecea dincolo de domeniul fizicii şi al ingineriei. Legăturile matematicii cu alte teorii, dintre cele mai eterogene, legături cunoscute încă din antichitate, rămîneau sub forma unor semnale izolate, pe care foarte puţini le înregistrau.

In aceste condiţii, nu trebuie să ne mirăm că matematica (şi nu numai ea) nici nu a fost inclusă în fenomenul general al culturii, ci interpretată ca o simplă unealtă necesară în unele profesiuni mai

speciale. Vestigiile acestei mentalităţi sînt încă puternice. Ele provoacă multe daune atît culturii contemporane, cît şi dezvoltării matematicii, perspectivelor ei de a-şi îmbunătăţi relaţiile cu celelalte discipline.

După ce s-a desăvîrşit revoluţia ansamblistă, începută în secolul trecut (Cantor), matematica a parcurs, în secolul nostru, o altă revoluţie importantă, revoluţia structurală, care şi-a găsit o expresie strălucită în tratatul lui Nico- las Bourbaki. întrepătrunderi surprinzătoare s-au produs între aspectele discrete şi cele continue, între finit şi infinit, între diferite grade de efectivitate. S-au dezvăluit fenomene noi, neaşteptate, în domeniul fundamentelor matematicii şi logicii matematice (Godel), fapt care a contribuit mult la stimularea unei alte revoluţii, aceea computaţională.

Dar, pe măsură ce complexitatea şi amploarea matematicii creşteau, legătura ei cu lumea nematematică devenea din ce în ce mai dificilă şi mai controversată. Sentimentul de frustrare pe care mulţi intelectuali îl au în faţa paginilor umplute cu formule ale articolelor de matematică avea să se accentueze odată cu înstrăinarea tot mai mare a limbajului matematic de limbajul uzual. Această contradicţie dintre prosperitatea matematicii ca ştiinţă pentru sine şi dificultăţile ei ca ştiinţă pentru alţii a condus la acel sentiment de nelinişte exprimat de numeroase ori în ultimele decenii, în legătură cu sensul în care evoluează contextul social al matematicii.

De la prima la a doua revoluţie industrială

Ca orice altă ştiinţă, matematica se dezvoltă atît sub impulsul vieţii ei interne,

cît şi sub presiunea problemelor care apar în afara ei. La rîndul ei, matematica influenţează viaţa celorlalte discipline, fie ele tehnice, ştiinţifice sau artistice, şi chiar viaţa socială, practica vieţii curente. Din acest punct de vedere, este deosebit de instructiv să se compare două perioade remarcabile ale evoluţiei societăţii : prima şi a doua revoluţie industrială. Cum a funcţionat metabolismul matematicii în perioada trecerii de la producţia manufacturieră la cea bazată pe introducerea maşinismului şi pe trecerea la marea industrie de fabrică şi cum funcţionează el astăzi, sub acţiunea automatizării şi chimizării producţiei, a unor noi surse de energie ? Desigur, această întrebare, pentru a putea fi abordată cu succes, trebuie sistematizată în cîteva întrebări mai puţin generale, deci mai specifice.

Prima revoluţie industrială, iniţiată în Anglia, în a doua parte a secolului al XVIII-lea, şi extinsă ulterior în numeroase alte ţări, a produs o schimbare radicală a forţelor de producţie şi a relaţiilor de producţie. Mecanizarea producţiei, prin valorificarea largă a unor invenţii şi maşini-unelte, obliga producţia să se prevaleze într-o măsură mai mare de ştiinţă şi de tehnică, pretindea un nivel mai înalt de cunoştinţe din partea muncitorilor. Sub impulsul acestor nevoi sociale, s-au dezvoltat vertiginos ingineriile considerate astăzi clasice, adică cele bazate pe diferite tipuri de energie şi pe transformările lor. Dar aceste inginerii nu se puteau dezvolta fără o maturizare corespunzătoare a ştiinţelor fundamentale ale naturii, în primul rînd a fizicii şi chimiei, care puneau matematicii probleme stringente de modelare a dependenţelor funcţionale din natură, dependenţe care se cereau studiate atît

din punct de vedere local cît şi global. Aşa se explică, în bună măsură, dezvoltarea accelerată a Analizei matematice în a doua jumătate a secolului al XVIII- lea (Euler, D'Alembert, Lagrange, Lapla- ce, Fourier), studiul seriilor trigonometrice şi al ecuaţiilor diferenţiale, iniţierea calculului variaţional şi apoi marea dezvoltare a teoriei funcţiilor de variabilă complexă, în secolul al XIX- lea (Cauchy, Weierstrass, Riemann), cînd are loc şi un progres substanţial în istudiul ecuaţiilor diferenţiale şi cu derivate parţiale iar, spre sfîrşitul secolului, este iniţiat studiul ecuaţiilor integrale şi integro-diferenţiale (Fredholm, Volterra, Hilbert) şi al funcţiilor automorfe (Schwartz, Klein, Poincară). Este recunoscut faptul că secolul al XlX-lea a fost marcat, în matematică, în primul rfnd de dezvoltarea Analizei matematice, iar această dezvoltare s-a manifestat în primul rînd prin cercetările menţionate mai sus. Putem deci spune că matematica acestui secol a stat sub semnul modelării unor procese de dependenţă şi transformare puse în evidenţă de descoperirile fundamentale care au avut loc în ştiinţele naturii. Deoarece reprezentarea acestor procese era mai degrabă continuă decît discretă, era firesc ca dezvoltarea matematicii să manifeste, în mod corespunzător, o preferinţă pentru analiză în detrimentul algebrei.

Care este situaţia astăzi, în plină desfăşurare a celei de a doua revoluţii industriale ? Dacă maşina cu aburi simboliza prima revoluţie industrială, cea de a doua se revendică de la calculatorul electronic modern. (Pentru o prezentare de ansamblu a etapelor prin oare s-au dezvoltat, în lume şi în ţara noastră, preocupările de construire şi utilizare a

calculatoarelor electronice, a se vedea cartea prof. Mihai Drăgănescu. *A doua revoluţie industrială,* Editura Tehnică, Bucureşti, 1980). Spunînd însă numai atît, riscăm să dăm o imagine trunchiată a lucrurilor. Simbolurile exprimă fenomenele printr-un proces de extremă esenţiali- zare. Dacă prima revoluţie industrială se desfăşura, cel puţin iniţial, exclusiv în domeniul materiei şi energiei, cea de a doua includea în mod £gal materia, energia şi informaţia. Marile cuceriri ale fizicii şi chimiei contemporane stau mărturie pentru primele două, în timp ce genetica, informatica, cibernetica, lingvistica, logica şi semiotica au schimbat radical imaginea noastră despre procesele informaţionale din natură şi societate.

Se produce o revoluţie de amploare în domeniul forţelor de producţie şi se creează condiţiile unor noi relaţii de producţie, bine înţeles, în mod diferenţiat de la o ţară la alta, în funcţie de nivelul lor şi de orînduirea lor socială. Tocmai în aceasta stă justificarea considerării actualelor mutaţii drept *a doua revoluţie industrială,* pe care nu trebuie s-o confundăm cu revoluţia ştiinţifică şi tehnică ; aceasta din urmă constituie un factor determinant pentru cea dintîi, care cuprinde toate sferele de activitate socială. De aceea, cînd vorbim despre matematica celei de a doua revoluţii industriale nu avem în vedere numai raporturile actuale ale matematicii cu celelalte ştiinţe şi cu tehnica, ci toate aspectele sociale pe care gîndirea matematică le-a dobîndit în momentul de faţă. Nevoia obiectivă de gîndire matematică este astăzi incomparabil mai mare decît nevoia conştientizată. Există, din păcate, un decalaj între exigenţele pe care societatea le manifestă şi capacitatea ei de a le satisface, un

decalaj în defavoarea acesteia din urmă. Cum se manifestă acest decalaj în ceea ce priveşte matematica ?

Abolirea sau atenuarea unor vechi distincţii

Va trebui mai întîi să ne referim la faptul că cea de a doua revoluţie industrială a dus, dacă nu încă la abolirea, cel puţin la punerea sub semnul întrebării a unor dihotomii considerate multă vreme incontestabile, cum ar fi : ştiinţă-inginerie (în fapt, dihotomia cognitiv- utilitar), adevărat-fals (avem în vedere apariţia şi proliferarea propoziţiilor indecidabile în sensul lui Godel, a propoziţiilor independente în sensul lui Godel şi Cohen, a logicilor necla- sice de tipul celor modale, deontice etc.), precis-vag (a se vedea teoria mulţimilor şi conceptelor imprecise în sensul lui Zadeh, logica raţionamentului nuanţat propusă de Moisil), discret-continuu (imposibilitatea de a mai înţelege unul dintre aceste aspecte fără implicarea celuilalt), ştiinţă-literatură (în sensul teoretizat de C. Snow în urmă cu peste 20 de ani), efectiv-neefectiv (în sensul de constructiv-neconstructiv). Această punere în discuţie a unor dihotomii, în a căror inviolabilitate mulţi au crezut, a afectat profund dezvoltarea matematicii, dar a şi fost determinată, în bună măsură, de această dezvoltare.

Astfel, în domeniul informaticii este greu de demarcat aspectele cognitive de cele utilitare, motiv pentru care în cele mai multe ţări departamentele de informatică includ în egală măsură problematica universitară şi cea inginerească. De altfel, trebuie să observăm că această coexistenţă organică a

aspectelor cognitive şi utilitare se manifestă chiar în domenii considerate multă vreme foarte depărtate atît de ştiinţele naturii, cît şi de inginerie ; avem în vedere istoria, arheologia, dreptul, filologia, literatura, muzica şi artele vizuale. în fiecare dintre aceste domenii au apărut numeroase aspecte inginereşti, care nu pot fi separate de cele pur cognitive, decît cu preţul compromiterii înţelegerii lor corespunzătoare. Separarea cognitivului de utilitar a devenit şi aici nefericită (un exemplu de lucrare convingătoare pentru legătura organică dintre aspectele cognitive şi cele inginereşti : R. G. Piotrovski, *Lingvistica inginerească şi teoria limbii* (în rusă), Editura Nauka, Leningrad, 1979). Ajungem astfel la caracterul anacronic al separării ştiinţei de literatură şi artă, a ştiinţelor naturii de cele umanist-sociale.

Nu este vorba aici numai (şi nici măcar în primul rînd) de aspectul relevat de C. Snow în celebra sa carte asupra celor două culturi (C. Snow are în vedere dificultatea care rezultă din faptul că mulţi literaţi sînt lipsiţi de cultură ştiinţifică şi mulţi oameni de ştiinţă nu posedă nici măcar o cultură literară minimală). A intervenit un fenomen mult mai esenţial, pentru că priveşte însuşi procesul de creaţie. Cele mai fierbinţi zone de interes se află azi la întîlnirea unor discipline dintre cele mai variate (deci nu neapărat vecine, cum ar fi fizica şi chimia); din acest motiv, actul creator a devenit tot mai interdisciplinar, iar nivelul înalt de cultură devine tot mai mult o condiţie indispensabilă a unei bune exercitări a profesiilor creatoare. De exemplu, matematica se hrăneşte tot mai mult cu idei venite din biologie (a se vedea teoria catastrofelor iniţiată de Rene Thom şi teoria sistemelor Lin-

denmayer, iniţiată de biologul cu acelaşi nume), din lingvistică (teoria limbajelor formale), din economie (aici îşi află acum sursa o serie de preocupări de geometrie diferenţială şi de analiză matematică nonstandard), ca să nu mai vorbim de ideile proaspete pe care tehnica le-a adus în matematică (de exemplu, prin noile puncte de vedere din teoria stabilităţii, prin teoria distribuţiilor şi prin metoda elementului finit).

Desigur, exemple de acest fel au existat şi în trecut, dar astăzi ele s-au generalizat şi au devenit aproape condiţia normală a creaţiei. Poate că exemplul cel mai frapant îl constituie creaţia artistică. în muzică, de exemplu, mulţi dintre cei mai buni compozitori pe care-i avem la noi în ţară (şi de altfel fenomenul are loc în întreaga lume) dezvoltă o creaţie muzicală în care cultura ştiinţifică are un rol esenţial. Putem spune că cea de a doua revoluţie industrială orientează ferm cultura spre un nou tip de Renaştere, în care regăsim, pe o treaptă superioară, percepţia holistică a naturii şi vieţii.

Mutaţii în structura proceselor de învăţare

In aceeaşi ordine de idei, au loc mutaţii importante în ceea ce priveşte structura proceselor de învăţare. Acestei teme i-a fost consacrat un Raport către Clubul de la Roma, cu titlul provocator *Orizontul fără limite al învăţării* (colecţia „Idei contemporane", Editura Politică, 1981 ; versiunea iniţială, în engleză, a apărut în 1979 la Pergamon Press). Autorii Raportului — J. Botkin (U.S.A.), M. Elmandjra (Maroc), M. Maliţa (România) — accentuează, între altele, importanţa trecerii de la învăţarea adaptivă, de menţinere, la învăţarea creativă, de

depăşire a parametrilor deja atinşi. Aici trebuie să observăm că dacă prima revoluţie industrială pretindea din partea muncitorilor de fabrică o profesionalizare mai ridicată celei anterioare, dar încă bazată aproape exclusiv pe rutină, cea de a doua revoluţie industrială ne plasează în faţa unor exigenţe incomparabil mai mari. Muncitorul de fabrică al veacului trecut trebuia, firește, să deprindă un grad de viaţă socială mai ridicat decît în cadrul producţiei manufacturiere. Diviziunea muncii devenea mai accentuată, iar muncitorul trebuia să înţeleagă ce fel de verigă reprezintă el în procesul de producţie. Era o învăţare pentru adaptare şi menţinere.

în momentul de faţă însă, noua revoluţie industrială este confruntată cu un ansamblu de probleme globale ale omenirii ; percepţia lor planetară este esenţială pentru înţelegerea tipului de verigă pe care o reprezintă un muncitor individual într-un sector oarecare al producţiei. Dependenţele sînt mult mai numeroase, mai complexe şi mai accentuate. Nevoia socială obiectivă este atît de mare şi creşte atît de repede, încît chiar dacă-ţi propui scopul modest al simplei menţineri, constaţi că aceasta nu este posibil decît prin depăşirea parametrilor deja atinşi. Creativitatea a devenit o condiţie necesară pentru menţinere iar învăţarea adaptivă a devenit echivalentă cu cea creativă. Această situaţie este, în particular, valabilă şi pentru matematică ; nu în sensul că toţi cetăţenii trebuie să devină creatori în matematică, ci în sensul că, pentru a putea dezvolta o activitate din care iniţiativa personală să nu lipsească şi care să ţină pasul cu nivelul atins în domeniul respectiv în lume, este indicat, pentru cele mai multe profesii, să nu fie absentă

componenta matematică. Dacă avem în vedere nu neapărat deprinderea unor tehnici matematice, ci eventual numai o anumită obişnuinţă de gîndire matematică, putem fără teamă înlocui, în cele de mai sus, *cele mai multe profesii* prin *toate profesiile.* Acesta este sensul noilor programe şi manuale şcolare, iar generalizarea învăţămîntului de zece clase, care va fi urmată de generalizarea învăţămîntului de 12 clase, are în vedere tocmai exigenţele din ce în ce mai mari ale celei de a doua revoluţii industriale.

învăţarea creativă, ca unică şansă de supravieţuire a omenirii, pune probleme grave învăţămîntului matematicii. Formarea gîndirii matematice a noilor generaţii este incomparabil mai importantă astăzi decît în trecut. Atîta vreme cît raza de acţiune socială a matematicii se limita la unele ştiinţe ale naturii şi la unele inginerii, în condiţiile în care înseşi aceste inginerii aveau o relevanţă socială redusă, mai cu seamă în ţări ca a noastră, unde prima revoluţie industrială a fost mult întîr- ziată, educaţia matematică a tineretului nu constituia încă o problemă socială. Aşa se şi explică faptul că matematica aplicativă s-a dezvoltat la noi cu mare întîrziere, proliferînd în schimb preocupări de tipul geometriei triunghiului — bună gimnastică a minţii, dar cu slabă funcţie modelatoare a proceselor înconjurătoare. Cu totul altele sînt condiţiile create de cea de a doua revoluţie industrială. Marile transformări petrecute în evoluţia matematicii au manifestat pretenţia de a deveni componente ale gîndirii oricărui om cult, iar noile tehnologii şi profesii nu au întîrziat nici ele să vină în întîmpinarea gîndirii matematice moderne şi a instrumentelor ei de calcul.

Matematica şi problemele globale ale omenirii

Există cel puţin două aspecte esenţiale de care trebuie să se ţină seamă în înţelegerea rolului social al ştiinţei, în particular al matematicii. Primul se referă la apariţia problemelor şi crizelor cu caracter global privind hrana, materiile prime, energia, explozia demografică, mediul ambiant, cursa înarmărilor ş.a.m.d.; al doilea aspect se referă la revoluţia tehnico- ştiinţifică şi la actuala revoluţie industrială. Legătura indisolubilă dintre aceste două aspecte a fost analizată în numeroase lucrări (a se vedea, de exemplu, cele publicate în colecţia „Idei contemporane" a Editurii Politice). In mod particular se remarcă diferitele rapoarte către Clubul de la Roma, traduse în româneşte.

Legătura principală dintre cele două aspecte menţionate mai sus este concretizată în următoarea întrebare : în ce măsură ne ajută ştiinţa să răspundem într-un mod corespunzător la alternativa „a supravieţui sau nu" ce stă în faţa omenirii ? Iată o problemă pe care fiecare disciplină ştiinţifică şi-o pune şi încearcă s-o rezolve. Dacă la o creştere geometrică a nevoilor umane posibilităţile de a le satisface vor creşte doar în progresie aritmetică, atunci impasul, în loc să fie înlăturat, se va adînci. Trebuie să găsim deci răspunsuri noi, mai eficiente, la întrebările cărora ieri le-am dat un răspuns mai puţin eficient.

In ce măsură ajută matematica la înţelegerea şi rezolvarea problemelor globale ale omenirii? în ce măsură şi în ce fel este implicată matematica în noua revoluţie industrială ? Iată întrebări pe care lumea de azi le adresează matematicii şi pe care matematicienii înşişi şi le adresează. Acel model latino-american al lumii — publicat şi la noi sub titlul „Catastrofă sau o nouă societate ?" — se vrea a fi un model matematic nu din

snobism, ci pentru că nu se poate altfel. Acest model, concentrat în jurul satisfacerii nevoilor umane fundamentale, atrage atenţia asupra implicării inevitabile a matematicii în procesul de înţelegere a actualelor probleme globale ale omenirii. De altfel, matematica este esenţial implicată şi în unele rapoarte către Clubul de la Roma, iar cercetările privind energia, ecologia, explozia demografică, înarmarea şi dezarmarea sînt, într-o anumită fază a lor, profund matematizate.

Nu alta este situaţia în ceea ce priveşte noua revoluţie industrială. Această revoluţie, cu consecinţe adînci în ceea ce priveşte forţele şi relaţiile de producţie, are drept una dintre principalele ei componente mutaţiile aduse de calculatoarele electronice. Dar calculatorul electronic modern, cu variantele sale de la calculatorul de buzunar cu program la microprocesoare, calculatoare personale şi marile calculatoare electronice, nu înseamnă numai o performanţă de ordin tehnic, ci şi o schimbare radicală a tipului de gîndire. Dacă realitatea fizică a calculatorului, cu miniaturizările sale recente, care ne uimesc, este şi expresia strălucită a inteligenţei tehnice, ceea ce pune la lucru aceste maşini revine la anumite programe care, la rîndul lor, se bazează pe anumite modele matematice, de natură algoritmică. Fără gîndire algoritmică nu poate fi concepută actuala revoluţie industrială, iar fără a ne prevala de ceea ce această revoluţie ne pune la dispoziţie nu putem să rezolvăm problemele globale care ne stau în faţă.

Nu încape îndoială că printre problemele globale ale omenirii se află şi ştiinţa. Dar ştiinţa are, la rîndul ei, propriile sale probleme globale, şi una dintre acestea este matematica. De fapt, matematica a devenit o problemă globală

nu numai a ştiinţei, ci a întregii culturi ; expansiunea interdisciplinară a matematicii este o mărturie în acest sens.

Dar, aşa cum globalizarea unor probleme fundamentale ca cele privind energia, ecologia, cursa înarmărilor a dus la tot atîtea crize la nivel planetar, creşterea razei de acţiune a matematicii şi a răspunsurilor ei faţă de societate (ca şi ale societăţii faţă de ea) este confruntată cu o criză pe care o parcurg relaţiile matematicii cu lumea de azi.

Vom numi acest fenomen „criza matematicii", dar trebuie să fie clar, de la început, că nu este vorba de o criză internă, de creştere, a matematicii, deşi unele fenomene patologice, pe care le discutăm în alte secţiuni ale lucrării de faţă, se manifestă şi aici. Din punctul de vedere al vieţii ei interne, matematica progresează impetuos, după cum o arată revistele, cărţile şi diferitele manifestări de specialitate. Vitalitatea matematicii este tot mai mare, se dezvoltă noi şi noi domenii, apar probleme noi, unele deosebit de grele şi de interesante. Criza la care ne referim are in vedere r? porturile matematicii cu societate."., cu publicul, cu învăţămîntul, cu ansamblul culturii umane. Este vorba de o criză de receptare şi de utilizare a matematicii, de transmitere a ei căt-e noile generaţii. Desigur, această criză ri'j poate rămîne fără consecinţe asupra vieţii interne a matematicii.

Conştientizarea nevoii de matematică

Fără îndoială, este întrucîtva paradoxală această situaţie. Nu se vorbeşte oare de un număr bun de ani despre pătrunderea matematicii peste tot, despre faptul că nu mai ră- mîn aproape

nici un domeniu, nici o sferă de activitate socială care să nu fie afectate de fiîndirea matematică ? într-adevăr, aşi este, num^i că această expansiune a matematicii se manifestă la nivelul cercetării şi al posibilităţilor, în timp ce dificultăţile apar atunci cînd este vorba de implementarea gîndirii, a metodelor şi rezultatelor matematicii în învăţămînt, în industrie, în agricultură, în planificare şi organizare, în cultură. Dificultăţile apar, de asemenea, în ceea ce priveşte capacitatea **so**cietăţii de a conştientiza şi de a explicita nevoia ei de matematică, de a formula problemele pe care le adresează matematicii, ca şi în ceea ce priveşte capacitatea matematicii de a sesiza problemele matematice ascunse în atîtea şi atîtea întrebări grave pe care le formulează tehnica, economia, cultura, viaţa de fiecare zi.

Dacă nu la nivelul aplicaţiilor practice, în industrie sau agricultură, cel puţin la nivelul contactelor cu celelalte discipline, viaţa ştiinţifică şi culturală trebuie să se prevaleze de capacitatea explicativă deosebit de profundă a unor modele algebrice, geometrice şi analitice. Si dăm un singur exemplu. Funcţia logarit- mică, apărută iniţial în legătură cu simplificarea operaţiilor aritmetice, s-a dovedit esenţială în exprimarea unităţii de măsură pentru intensitatea sunetelor, în studiul entropiei fbice şi informaţionale, în formularea legii lui Weber şi Fechner privind relaţia dintre senzaţie şi excitaţie, în metoda carbonului radioactiv (esenţială în datarea unor evenimente geologice şi arheologice) şi în analogul ei lingvistic (metoda glotocronologiei), în studiul timpului psihologic şi social (care într-o anumită concepţie, est? logaritmul timpului cronologic) ; pentru a nu mai vorbi de faptul că, chiar în interiorul matematicii, funcţia logaritmică domină

domenii importante, cum ar fi teoria numerelor prime. Această formidabilă capacitate a funcţiei logaritmice de a modela fenomene din discipline atît de variate nu trebuia oare să fie sesizată în adevărata ei semnificaţie culturală şi filosofică ? După cum se poate vedea, aceasta nu s-a întîmplat.

Să încercăm să aprofundăm această situaţie, să înţelegem sursa accstor anomalii. Matematica devine tot mai abstractă şi mai complexă, se transformă tot mai repede, tehnicii? ei devin tot mai complicate, jargonul ei tot mai special, in acest sens se poate spune că ea „se aristocratizează" tot mai mult. Chiar obiectul ei este controversat, matematicienii, ca şi filosofii, nu se înţeleg asupra modului în care trebuie definită matematica. Sîntem departe de vremea în care matematica se reducea la studiul relaţiilor cantitative şi al formelor spaţiale din lumea înconjurătoare. Universurile imaginare ale matematicii le concurează azi pe cele ale artei.

Dar această „evadare" a matematicii nu este decît rezultatul evoluţiei procesului de cunoş- tere. Excelînd în dezvoltarea posibilităţilor sale de cunoaştere, matematica a înregistrat însă mai puţine succese în dezvoltarea posibilităţilor ei de comunicare cu potenţialii beneficiari. Invadînd mai toate domeniile de activitate, matematica ar fi trebuit să devină din ce în ce mai „democratică", mai populară, mai accesibilă şi mai agreabilă. Limbajul ei ar fi trebuit sâ fie deprins cu convingere şi cu plăcere de către mai toţi cetăţenii, şi în special de către tineri. Acest lucru însă nu prea se întîmplă.

Aşadar, în acest dialog insuficient al matematicii cu celelalte domenii, cu societatea în ansamblul ei, se află sursa

crizei la care ne referim. Desigur, ar fi greşit să se creadă că matematicienii nu şi-au pus această problemă. Nu numai că şi-au pus-o, dar au şi obţinut unele rezultate remarcabile. Colaborarea matematicii cu atîtea şi atîtea alte domenii, cu industria şi cu agricultura, cu medicina şi cu lingvistica, cu economia şi cu ingineria, cu sociologia şi cu muzica este rezultatul unor eforturi atît din partea matematicienilor, cît şi a nematematicienilor. Numai că rezultatele obţinute sînt mult inferioare nevoii obiective de matematică pe care societatea o are acum, ca şi posibilităţilor reale pe care matematica actuală le oferă. Din păcate, societatea, prin instituţiile ei, nu reuşeşte încă să conştientizeze această nevoie crescîndă de matematică.

îngrijorarea care se manifestă în rîndul matematicienilor — mai cu seamă a celor care sînt interesaţi în procesul de învăţămînt mate- lŸiatic şi în relaţiile matematicii cu pubiicui, ctl potenţialii ei beneficiari — este vizibilă. Ea s-a manifestat puternic la unele congrese internaţionale de educaţie matematică (1976 în R.F.G. şi 1980 în S.ILA.), ca şi la ultimele congrese internaţionale ale matematicienilor (Helsinki, 1978 ; ' Varşovia, 1982 ; Berkeley, 1986). O cartc intitulată *Matematica mîine* (editată de L. A. Steen la Springer Verlag, New York, 1981) aduce în atenţie punctele de vedere ale mai multor specialişti în ceea ce priveşte dezvoltarea matematicii în anii care v'.n. Chiar titlurile unora dintre studiile care alcătuiesc acest volum constituie o provocare adresată cititorului şi ne lasă să bănuim caracterul lor profund polemic, născut dintr-o adîncă nemulţumire : „Matematica aplicată este o matematică rea" ; „A rezolva ecuaţii nu este tot una cu a rezolva probleme" ; „Citiţi-i pe maeştri" ; „Cînd matematica

devine propagandă" ; „Adevărata criză energetică" ; „Femeile şi matematica" ; „Declinul analizei şi creşterea matematicii discrete" ; „Cum să vindem matematică ?".

Impasul la care ne referim este al întregii noastre planete. Dar, desigur, există diferenţe de la o ţară la alta, datorate deosebirilor de grad de dezvoltare economică, de orînduire socială şi de nivel de dezvoltare a ştiinţei în general, a matematicii în special.

O sesiune a Academiei R.S.R. a reunit, în urmă cu cîţiva ani, alături de matematicieni, pe unii dintre acei specialişti din fizică, biologie, inginerie, ştiinţe social-umaniste, pentru care matematica aparţine organic metodologiei de cercetare. A rezultat volumul *Matematica în lumea de azi şi de mîine* (publicat, în 1985, în colecţia „Probleme globale ale omenirii"). Dar va trebui, cred, să ne mai întîlnim într-un context mai larg, din care să nu lipsească reprezentanţi ai industriei, comerţului şi agriculturii, ai unor ministere şi institute centrale, ai unor academii de ştiinţe şi uniuni de creaţie, ai elevilor şi stu$_{r}$denţilor, ai părinţilor lor. : *

Inteligenţa umană şi formarea gîndirii matematice

Toate prognozele privind următoarele decenii sînt de acord asupra nevoii crescînde de tehnică şi de gîndire matematică. Dar nici una nu este în stare să detalieze această idee generală. Una dintre dificultăţi constă în aceea că nu sîntem încă în stare să precizăm interacţiunile dintre matematică şi celelalte discipline, dintre matematică şi societate. în consecinţă, nu ştim să evaluăm

dependenţa de matematică a viitoarelor profesii. Dar este cert că problemele privind mediul ambiant, energia, eficienţa producţiei, planificarea, decizia, prognoza, informaţia, comunicarea nu vor putea fi abordate fără o matematică adecvată.

Despre rolul matematicii într-un domeniu sau altul s-a scris mult şi nu ne propunem aici să insistăm asupra acestei chestiuni. Dar dacă problemele grave care stau în faţa omenirii reclamă un tip nou de învăţare, creativă, prospectivă şi participativă, atunci este vital să înţelegem că chestiunea principală este aceea a formării gîndirii matematice, ca o componentă esenţială a inteligenţei umane. Gîndirea matematică, azi, înseamnă, deopotrivă, gîndirea algoritmică şi combinatorie, deductivă şi probabilistică, analogică şi generalizatoare, inductivă şi sistemică. înţelegem oare cum se vor schimba poimîine economia şi cultura ţării noastre dacă mîine vom reuşi să punem în mîinile fiecărui elev un calculator de buzunar programabil ? Explozia de inteligenţă şi fantezie stimulată în acest fel ar putea avea efectul descoperirii unor noi surse de energie. Dar părerile, în această privinţă, sînt variate. In această ordine de idei este, credem, interesant punctul de vedere al unui autor important, la care ne vom referi în cele ce urmează.

Atenţie la calculator !

„Atenţie la calculator ! Limbajul său intoxică creierul !" Cu acest semnal de alarmă, suplimentul *Tutto libri* al ziarului italian „La Stampa" (nr. 443, din 2 martie 1985) se adresează cititorilor, prezentîndu-le punctul de vedere al lui Joseph Weizenbaum, considerat unul

dintre pionierii informaticii. Aflat în Elveţia cu prilejul apariţiei uneia dintre cărţile sale, Weizenbaum a răspuns la întrebările lui Ciaudio Pozzoli în legătură cu impactul social al informaticii şi, mai ales, în legătură cu educaţia informatică a copiilor. Emigrat la vîrstu de 13 ani în S.U.A. (venind din Berlin), Weizenbaum a fost foarte activ în răspîndirea informaticii în S.U.A. într-o carte importantă *(Computer Power and Human Reason,* W. H. Freeman, San Francisco, 1976), Weizenbaum s-a ridicat împotriva acelui tip de programare în care partea tehnică ucide partea de cunoaştere. Tocmai în acest sens el a considerat necesar să intervină într-un moment în care educaţia informatică a copiilor este la ordinea zilei, preconizîndu-se cîte un calculator pe pupitrul fiecărui şcolar. Dar dotarea materială nu este suficientă ; mai este nevoie de un sistem adecvat de învăţămînt şi de pregătirea corespunzătoare a cadrelor de predare. în multe ţări s-a optat pentru limbajul BASIC, în cadrul educaţiei informatice a elevilor de gimnaziu. Alegerea a fost justificată de faptul că acest limbaj este mai simplu decît celelalte, fiind totuşi destul de versatil.

Faţă de tendinţa tot mai pronunţată de a se face educaţia informatică a copiilor încă de la vîrsta preşcolară (a se vedea răspîndirea jucăriilor informatice şi a revistelor de mare tiraj dedicate calculatoarelor), Weizenbaum consideră că înainte de vîrsta de 14 ani nu este oportun contactul cu calculatorul. Prin aceasta, el se plasează într-o poziţie destul de singulară, deoarece cei mai mulţi informa- ticieni, pedagogi şi psihologi consideră că deprinderea de a lucra cu calculatorul poate şi trebuie să fie realizată din cea mai fragedă vîrstă. Desigur, pentru copil aspectul ludic al

calculatorului este singurul reţinut, dar potenţialul său formativ nu trebuie subestimat. A doua teză a lui Weizenbaum se referă la limbajele de programare folosite. El crede că limbajul BASIC este nu numai inadecvat, dar şi profund dăunător în educaţia copiilor, deformîndu-le gîndirea. Recomandă în schimb adoptarea limbajelor PASCAL şi LOGO în învăţămîntul şcolar.

Sensul acestor idei ale lui Weizenbaum trebuie raportat la cele dezvoltate în cartea sa din anul 1976, pe care am semnalat-o mai sus. De acord cu folosirea calculatorului în numeroase activităţi auxiliare, Weizenbaum se desparte de calculator de îndată ce se încearcă utilizarea sa ca un substi- tuent al gîndirii umane. Nu a pregetat să facă elogiul calculatorului într-o carte intitulată *A scrie cu calculatorul,* unde arată avantajele utilizării calculatorului în elaborarea şi redactarea unui articol sau a unei cărţi. Dar aici este vorba de a rccurge la o maşină de scris mai perfecţionată decît cea tradiţională şi la un video ; gîndirea propriu-zisă a autorului este anterioară acestei utilizări şi nu e contaminată de ea, crede Weizenbaum. Nu este deci vorba de o respingere a tehnicii noi. Calculatorul face parte organică din lumea acestui sfîrşit de secol, ca şi aspiratorul de praf şi automobilul. Pe toate trebuie să învăţăm să le folosim, deci trebuie să cunoaştem funcţionarea lor. Există însă o limită în această folosire. Distorsiunile apar din momentul în care psihicul uman, în ceea ce are el mai specific, este supus unui tratament automat; o expresie tipică in acest sens este, pentru Weizenbaum, aşanumita psihoterapie automată, în cadrul căreia dialogul medicului cu pacientul este... automatizat.

Primejdii in folosirea calculatoarelor

Există unele primejdii majore în folosirea calculatoarelor ? Da, crede Weizenbaum, deoarece trăim într-o lume în care se acordă prioritate construirii unor arme tot mai sofisticate, în timp ce atîţia oameni mor de foame. Nu e aceasta o adevărată nebunie ? Mai e apoi mentalitatea tot mai răspîndită printre unii factori de decizie, care evită să-şi asume răspunderile ce le revin, răspunderi pe care le transferă... maşinii, posibilităţilor ei reduse ; de vină, în anumite situaţii, n-ar mai fi oamenii, ci calculatoarele, care nu au atins încă anumite performanţe şi care mai şi greşesc uneori. Nu citim uneori în presă despre astfel de întimplări ? în aceste condiţii, nu ne-am putea trezi, într-o bună zi, că tot din- tr-o eroare a calculatorului s-a declanşat al treilea război mondial ?

Recunoscînd necesitatea introducerii în şcoală a calculatoarelor, Weizenbaum atrage atenţia asupra unei probleme de prioritate, înainte de a învăţa limbajul calculatorului, ?levul trebuie să înveţe să gîndească şi să se exprime cu precizie în limba sa maternă, atît oral cît şi în scris ; să înveţe, în această limbă, literatură şi matematică, chimie şi istorie. Weizenbaum sc referă la experienţa negativă a şcolii americane care, introducînd prea devreme calculatoarele şi îndreptînd asupra lor o atenţie exagerată, a îndepărtat pe mulţi elevi de la unele îndatoriri fundamentale, în primul rînd de a se exprima şi de a scrie corect. Să fie aici una din rădăcinile analfabetismului funcţional de care suferă o parte a societăţii amcricane ? Copiii învaţă să scrie şi să citească, dar, unii, într-un mod atît de superficial, încît nu sînt în stare să consulte orarul

autobuzelor sau să redacteze o cerere către o instituţie.

Calculatorul nu rezolvă toate problemele. Weizenbaum propune următorul criteriu : calculatoarele sînt utile numai în acele şcoli care ar rămîne şcoli bune chiar dacă s-ar renunţa la calculatoare. Cît despre tipul de calculator şi limbajul de programare adecvat ? Depinde de împrejurări. Automobilul cel mai bun pentru Alaska nu este optim şi pentru Sahara.

Faţă de ansamblul concepţiei lui Weizenbaum, o atitudine critică este necesară. Pentru a fi cît mai simplu, limbajul BASIC sacrifică mult din complexitatea limbajului uman. Devine, prin aceasta, nociv? Dar logica lui *da* si *nu* nu este şi ea o simplificare a infinit nuanţatei logici umane ? L-am considerat, pentru aceasta, nociv pe Aristot ? Cît despre contaminarea gîndirii noastre de „spiritul" calculatorului, rămîne de văzut întrucît este ea o primejdie şi întrucît poate fi evitată. Toate protezele de care omul s-a prevalat de-a lungul istoriei sale, de la uneltele primitive pînă la maşinile complexe de azi, au acţionat asupra gîndirii şi comportamentului uman, influenţîndu-le substanţial. A fost bine ? A fost rău ? A fost, în orice caz, inevitabil.

Antrenamentul ludic anticipează gîndirea algoritmic

ăDesigur, folosirea calculatoarelor trebuie pregătită printr-o educaţie corespunzătoare, prin jocuri combinatoriale, strategice şi algoritmice, diferenţiate după vîrste. Prin menţinerea unei distanţe mari între ceea ce promite şi ceea ce oferă, între efortul pretins şi re-compensa acordată, prin eludarea caracterului ludic pe care-I presupune orice proces de învăţare, pînă la o anumită

vîrstă, matematica şcolară — în ciuda unor progrese în chestiuni de corectitudine şi rigoare, de modernizare a tematicii şi limbajului — ar putea intra într-un relativ impas.

Influenţa calculatorului electronic asupra dezvoltării matematicii în ultimele decenii a fost imensă. Un spirit nou, o problematică nouă, accente noi au apărut pînă şi în cele mai vechi şi venerabile discipline matematice, ca să nu mai vorbim despre noile discipline, create ca urmare a dezvoltării calculatoarelor electronic^ Nu este aici locul de a intra în detalii, dar este semnificativă constatarea lui E. P. Miles jr. (în cartea *Matematica mîine,* menţionată anterior) după care faptul că în S.U.A. departamentele de informatică sînt separate de cele de matematică reprezintă o consecinţă a incapacităţii multor departamente de matematică de a-şi incorpora, ca o nouă componentă, informatica.

Desigur, informatica nu este numai matematică, ea are o importantă componentă inginerească, dar sub aspectul gîndirii pe care o promovează şi pe care o presupune calculatorul electronic, aceasta se reclamă, în primul rind, de la matematică. Formarea unei astfel de gindiri ar trebui să înceapă de la vîrsta de 3—4 ani, cu ajutorul unor jocuri adecvate, cc-l introduc pe copil în funcţionarea de tip algoritmic, ca şi prin observarea mediului înconjurător care abundă în obiecte de tip maşină, cu reguli care conduc de la anumite intrări la anumite ieşiri. Această preocupare ar trebui să existe în întregul învăţămînt (primar, gimnazial, liceal şi superior) şi la toate disciplinele şcolare, deoarece gîndirea informatică este esenţială în învăţarea matematicii şi în aceea a

gramaticii, în inginerie şi în economie, în planificare şi contabilitate, în muzică şi sport.

In acest sens, o importanţă mare o au tipurile de jocuri propuse copiilor, structura revistelor rebusiste, unele rubrici distractive din reviste, din programele de radio şi televiziune. Oare aceste canale de comunicaţie cu publicul, în special cu tineretul, n-ar putea fi folosite într-o mai mare măsură pentru dezvoltarea gîndirii problematice şi strategice, combinato- riale şi algoritmice ? Enunţarea unei probleme atrăgătoare, în pauza de un minut dintre două emisiuni, organizarea unor mici concursuri ar putea stimula pe tineri (şi oare numai pe ei ?) să se orienteze spre anumite preocupări atît de importante în societatca de mîine.

Modernizarea predării matematicii a fost uneori înţeleasă unilateral, sub aspectul exclusiv al formalismului matematic, al limbajului şi simbolismului de ultimă oră. Din acest punct de vedere, introducerea, la un moment dat, a mulţimii vide la clasa întîi este tipică pentru un întreg stil care ignoră tot ceea ce psihologia învăţării a acumulat (în particular, dezvoltarea stadială a copilului, cu contribuţiile atît de importante ale lui J. Piaget). Potenţialul educaţional al matematicii a fost uneori considerabil redus prin eludarea aspectelor genetice, istorice, culturale şi interdisci- plinare. în acest fel, izolarea socială a matematicii devenea inevitabilă. Participînd, în toamna anului 1981, la un simpozion internaţional asupra interdisciplinarităţii, simpozion organizat de Centrul european UNESCO pentru învăţămîntul superior, din Bucureşti, mi-am putut da din nou seama cît de adîncă şi de amplă este încă

neînţelegerea potenţialului interdisciplinar al matematicii. Această neînţelegere este uneori chiar arborată cu mîndrie, interdisciplinaritatea fiind redusă la o modă de care au nevoie diletanţii pentru a putea trece drept specialişti.

Interdisciplinaritatea — strategii şi implicaţii

Cum oare ne-am mai putea descurca fără matematică în rezolvarea marilor probleme sociale ale lumii noastre ? Inima ştiinţei o constituie problemele care-i stau în faţă şi pe care ea trebuie să le rezolve. Probleme ca cele privind mediul ambiant sau criza energetică sînt esenţial interdisciplinare şi ele reclamă o nouă viziune, o nouă organizare a învăţămîntului, în care orientarea după discipline să se combine cu orientarea după probleme. Un atare deziderat preocupă acum toate nivelurile învăţămîntului.

Adoptînd împărţirea studiului pe discipline, nu trebuie să ignorăm caracterul sincretic pe care cultura l-a avut în cea mai mare parte a istoriei ei. în unele ţări, elevii din primele clase învaţă o singură materie, după un singur manual, care le permite cunoştinţa cu natura, observarea şi comportarea obiectelor, formarea intuiţiilor şi deprinderea limbii. în învăţămîntul superior, formaţia interdiscipli- nară — actualmente accentuată în ultimii ani de studii — poate fi coborîtă spre primii ani, lucru care se şi face în cadrul unor cercuri ştiinţifice. Gr. C. Moisil preconiza un sistem elastic care să-i permită tînărului bacalaureat să asocieze de la început geografia cu biologia şi cu matematica sau fizica cu istoria şi cu informatica. Aceste strategii au dat uneori bune rezultate ; răniine de văzut dacă nu cumva ele sînt mai apropiate de exigenţele sociale actuale. în

particular, educaţia matematică iniţială s-ar dezvolta în legătură organică cu observarea naturii şi cu formarea intuiţiilor, iar gîndirea interdiscipli- nară ar fi considerabil favorizată.

In ceea ce priveşte favorizarea preocupărilor interdisciplinare, învăţămîntul din întreaga lume a rămas mult în urmă, chiar şi la nivelul sâii postuniversitar. Domcniije interdisciplinarC sînt încă, în mare parte, un fel de teritoriu clandestin, mai degrabă tolerat cu superioară îngăduinţă decît încurajat şi ajutat.

Desigur, devenind tot mai importantă, matematica este şi o modă. Ea este invocată de snobi şi de diletanţi. Simbolismul matematic devine uneori o simplă modalitate de a-i intimida pe profani. însă, dincolo de toate aceste neajunsuri, lumea contemporană, prin problemele pe care trebuie să le rezolve, ne atrage atenţia că matematica devine inevitabilă în toate compartimentele sociale cît de cît importante. Părinţii simt acest lucru şi supraveghează cu atenţie (din păcate, nu totdeauna cu pricepere) educaţia matematică a copiilor. Profesorii sînt neliniştiţi, dar din această nelinişte va rezulta, fără îndoială, o matematică mai umană.

Relaţia dintre fundamental şi aplicativ, dintre tradiţie şi modernitate devine o preocupare tot mai actuală pentru matematicieni. întreprinderile industriale, centrele de calcul, coo-perativele agricole de producţie, institutele de proiectare, instituţiile de cultură înţeleg din ce în ce mai bine spectrul larg al posibilităţilor oferite de gîndirea matematică nu numai în materie de analiză a datelor (deşi şi aici sînt încă atîtea posibilităţi nefructificate), ci şi în

ceea ce priveşte modelarea matematică şi analiza calitativă.

Dacă preocupările matematice ale tineretului sint determinate, într-o anumită măsură, de exigenţele manifestate la diferite concursuri de admitere (treapta întîi şi treapta a doua în liceu, invăţămînt superior ş.a.), trebuie să fim atenţi ca aceste concursuri să nu eludeze aspecte fundamentale ale matematicii. Problemele cu funcţie cognitivă să nu fie înlocuite cu exerciţii lipsite de orizont cultural, dimensiunea interdisciplinară şi aplicativă să nu fie neglijată, accentul pe artificii de calcul şi pe trucuri să nu devină decisiv.

După opinia unui cunoscut matematician, G. H. Hardy, matematica, mai mult decît orice ştiinţă sau artă, este o ocupaţie de om tînăn Dacă un absolvent foarte bun, care a demonstrat capacitatea sa de cercetător, nu are posibilitatea să-şi dezvolte în continuare această capacitate, există ri[r]^ul ca mai tîrziu el să nu mai poată fi recuperat pentru cercetare.

Matematica şi lumea tehnicii

Este matematica recunoscută ca o componentă organică a culturii ? Care sînt perspectivele ei în această privinţă ? Să discutăm aceste probleme în context românesc.

Cultura românească a avut pînă spre sfîrşitul secolului trecut şi începutul secolului nostru un caracter sincretic. Dimitrie Cantemir, Costache Conachi, Gh. Asachi, Gh. Lazăr, Ion Heliade Rădulescu, Petrache Poenaru, Ion Ghica, Spiru Haret sînt numai o parte din personalităţile culturale româneşti care s-au manifestat atît in domeniul umanist cît şi în cel al ştiinţelor pozitive. Treptat însă, această dublă vocaţie

— umanistă şi ştiinţifică — a devenit din ce în ce mai puţin frecventă, pe măsură ce spiritul analitic cîştiga teren. Aşa se face că în secolul nostru o figură ca Dan Barbilian — Ion Barbu — apare cu totul singulară. Dar dacă acest fapt se poate explica prin diferenţierea tot mai accentuată a disciplinelor, să vedem cum evoluează atitudinea faţă de matematică a specialiştilor în discipline beneficiare ale matematicii.

lată punctul de vedere al unui specialist în hidroenergetică : — Pregătirea unui inginer costă mult, de aceea trebuie găsit un echilibru.

— între teorie şi practică ? — Da. De exemplu, se dă încă o prea mare atenţie matematicilor, de la admitere pînă la absolvire. Şi ne trezim că tînărul inginer absolvent nu ştie să gîn- dească inginereşte, să stabilească un program de funcţionare sau să se descurce la un tablou de comandă. Nu sînt deci adeptul formării de matematicieni, ci de buni ingineri ; pentru asta avem facultăţi de matematică, automatică, t lectronică...

De la această opinie, exprimată în urmă cu cîţiva ani în presă, să trecem la cîteva opinii mai recente şi mai nuanţate. Vom lua ca reper volumul cuprinzînd Lucrările simpozionului cu tema „Eficienţa predării matematicii în învăţămîntul tehnic superior", Institutul Politehnic Bucureşti, 1982. Iată ce crede prof. D. Drimer (voi. cit., p. 132) : „...matematica nu înlocuieşte procesul de gîndire, deşi în acest sens se fetişizează învăţmîntul matematic atît prin introducerea „criteriului matematic" la admiterea în învăţămîntul superior tehnic cît şi în primii doi ani ai absolvirii acestuia. în lipsa unui alt sistem de „gimnastică a minţii" şi din comod tatea verificării rezultatelor se tinde a pierde d

n vedere scopul principal de „unealtă" a matematicii pentru inginer".

După un hidroenergetician şi un metalurgist, să dăm cuvîntul unui chimist, prof. Al. Balaban (voi. cit., p. 30—31) ; „...ar fi de dorit ca matematica cerută la admiterea în facultăţile chimice să fie mai amplă ca în prezent (cu excepţia geometriei) ; în şedinţa din 4. 11. 1982 de alegere a consiliului ASC, studenţii secţiei pedagogice de trei ani (cărora la admitere nu li se cerc deloc matcmatică) au cerut ei înşişi ca l?ţ admitere să se includă şi matematica", Acelaşi autor consideră că (voi. cit., p. 29) „în cadrul cursului de matematică ar trebui cuprinse doar capitolele mari, de bază, formative pentru gîndirea inginerească, necesare altor cursuri generale (fizică, chimie fizică, fenomene de transfer etc.)".

Acad. Radu Voinea, mecanician, îl invocă (voi. cit., p. 14) pe Laurent .Schwartz : „Dacă vă duceţi în universităţi veţi vedea că cei mai buni matematicieni sînt totdeauna cei care fac cursurile cele mai concrete, cele mai bogate în aplicaţii practice si în alte ştiinţe sau în alte ramuri ale matematicilor. (...) In Franţa s-a ajuns ca matematicile să nu se mai predea pentru a forma viitori matematicieni sau oameni de ştiinţă. Matematicile au înlocuit latina ca mijloc de selecţie (...) Să împiedici matematicile să devină unicul instrument de selecţie socială este desigur un lucru bun. Dar trebuie oare pentru acesta să reducem matematicile într-o lume dominată din ce în ce mai mult de ştiinţe ? Cred că ar trebui dimpotrivă suficiente ore de matematică pentru toată lOmea (...) Cu condiţia să nu se axioma- tizeze prea mult de la început (...) Nu sînt împotriva matematicilor moderne (...) Trebuie însă să se confrunte întotdeauna

matematicile care se predau cu cele care se folosesc".

Fiecare dintre mărturiile de mai sus comunică o experienţă care nu poate fi ignorată. Dacă de la Dorin Pavel înţelegem că matematica pe care a învăţat-o ca student nu i-a prea folosit în profesie şi că a observat un fenomen asemănător la generaţiile ulterioare de politehnicieni, de la D. Drimer desprindem un punct de vedere care ne întoarce la viziunea conformă căreia matematica este pentru inginer nu atît un mod de gîndire, cît o simplă unealtă (mărturie semnificativă cu atît mai mult cu cît ea vine din partea unui fost şahist de performanţă, pe care-1. putem bănui mai receptiv la virtuţiile formative ale gîndirii matematice). Un punct de vedere complementar apare la Al. Balaban, "care atrage atenţia tocmai asupra valorii formative a matematicii pentru gîndirea inginerească şi care amplificarea programei do matematică la examenul do admitere, în dauna celei de chimie. Poate că această atitudine este determinată şi de faptul că interesele şi rezultatele ştiinţifice ale lui Al. Balaban sînt strîns legate de metodele matematice în chimie, dar constatăm că şi studenţii chimişti au un punct de vedere similar. în ceea ce priveşte atitudinea acad.
Radu Voinea şi, implicit, a lui Laurent Schwartz, ea este atît de rezonabilă, încît cu greu i se mai poate adăuga ceva. Dar cît de greu este să fie pusa în aplicare ! Gît de departe sînt încă multe dintre manualele şi cursurile de matematică de dezideratul exprimat de marele matematician invocat pe bună dreptate de Radu Voinea ! Sîntem, cum bine observă prof. O. Stănăşilă (voi. cit., p. 58—63), terorizaţi de un anumit itinerar, definiţie-teo- remă-demonstraţie-corolar-definiţie,

neobser- vind că studenţii noştri rămîn descoperiţi în ceea ce priveşte deprinderea capacităţii de a modela matematic situaţii reale. Să observăm aici că dacă, în cele din urmă, majoritatea manualelor nu au omis introducerea aplicaţiilor, cele mai multe cărţi rămîn încă deficitare în ceea ce priveşte pregătirea intuitivă a noţiunilor, aducerea pe primul plan a problemelor care conduc la introducerea conceptelor de bază şi la care teoremele fundamentale se constituie ca răspunsuri. In acest fel, este eludată una dintre legăturile importante ale matematicii cu realitatea : modul in care aceasta din urmă se constituie nu numai ca beneficiară, dar şi ca sursă a activităţii matematice.

Putem spune că în ansamblu există, în domeniul tehnicii, o înţelegere destul de nuanţată a rolului matematicii. Se pare însă că mişcarea care s-a produs de vreo două-trei decenii de la inginerii le energetice la cele informaţionale nu este încă suficient înregistrată, iar calculatorul este văzut aproape exclusiv ca o unealtă, minimalizîndu-se perspectivele tipului de gîndire pe care acesta îl promovează. Aşa se face că şi rolul matematicii discrete (în particular, finite) este încă minor în viziunea celor mai mulţi politehnicieni, fie ei ingineri sau matematicieni (excepţii de la această regulă : prof. E. Nicolau şi prof. O. Stănăşilă). în mod special atrage atenţia insuficienta înţelegere a rolului logicii matematice moderne (calcula-biiitate, recurşi vi ta te, maşini generative, teoremele lui Godel) şi al combinatoricii în construirea modelelor matematice ale lumii reale.

Desigur, orice specialist are tendinţa de a exagera specificul propriului său domeniu. Dar nu cumva orientarea la care asistăm şi care se va accentua în viitor este tocmai aceea a micşorării

diferenţelor dintre învăţămîntul universitar şi cel politehnic, dintre funcţia cognitivă şi funcţia utilitară a matematicii ? La o examinare atentă, multe dintre dezideratele exprimate de ingineri rămîn la fel de valide pentru orice formaţie matematică. Asocierea echilibrată a teoriei generale şi situaţiilor individuale, a intuiţiei şi logicii este necesară în orice educaţie sănătoasă a gîndirii. Să observăm apoi că unele domenii tradiţional universitare, ca cele umaniste, au fost suplimentate, de vreo 25 de ani, cu o problematică inginerească, de exemplu în lingvistică, în psihologie, în istorie, în diferitele arte, în primul rînd datorită pătrunderii calculatorului în aceste domenii. învăţămîntul univeristar se inginerizează, cel politehnic se extinde spre aspectele cognitive. Procesul acesta se reflectă şi în structura institutelor de învăţămînt superior. Ce este, de exemplu, celebrul MIT (Massachusetts Institute of Technology) din Cambridge, U.S.A., o instituţie inginerească sau universitară ? Numele său ar sugera prima variantă, dar cei ce au vizitat acest institut ştiu că realitatea este mai complexă. De cîteva decenii, MIT, prin savanţi ca Roman Jakobson, Noam Chomsky şi Morris Halle, a fost centrul de unde au iradiat prefacerile revoluţionare din lingvistica modernă, situaţie care nu corespunde deloc imaginii tradiţionale a unui institut ingineresc. Departamentele de informatică, in cadrul cărora aspectele cognitive şi cele utilitare se împletesc în mod organic, confe- rindu-le un caracter deopotrivă universitar şi ingineresc, au devenit frecvente în toată lumea.

Şansa culturală a matematicii

Dacă în ansamblu reprezentanţii ştiinţelor naturii şi ai tehnicii manifestă

receptivitate faţă de procesul de matematizare, situaţia este mai precară în celelalte domenii. Nu lipsită de popularitate s-a dovedit ideea caracterului manipulativ al matematicii care, datorită ermetismului ei, este folosită, după părerea unora, într-un mod care nu poate fi controlat pe cale democratică. La această idee, pe care în anii din urmă o susţinea un viitorolog ca Johan Galtung, adera, într-un trecut nu prea îndepărtat, Mihai Ralea (*Caracterul antiuman şi antiştiinţific al psihologiei burgheze americane,* Editura de Stat, Bucureşti, 1954, p. 144) : „Acrobaţiile matematice, greu de însuşit de către oameni fără cultură specială au scopul ca, cu ajutorul acestor speculaţii, să ascundă caracterul idealist al psihologiei S.U.A. (...) învelişul matematic se transformă într-un refugiu al idealismului. După cortina de fum a ecuaţiilor şi formulelor se ascund concepţii idealiste şubrede, dar otrăvitoare, a căror reputaţie compromisă trebuie să fie camuflată într-un înveliş matematic". Aceste consideraţii se voiau o replică la faptul că una şi aceeaşi formulă matematică ora propusă ca model al unor procese de învăţare dintre cele mai diferite. Aşa se ajunsese şi la contestarea ciberneticii, care aşezase sub acelaşi semn unele procese relative la maşini cu altele relative la om şi animale.

După alţi cercetători, matematizarea ar fi o simplă modificare de cod, o traducere dintr-o limbă mai cunoscută în alta, mai puţin cunoscută. Petre Botezatu considera că „matematica trebuie tradusă în limbajul uzual" pentru a o face accesibilă, iar după Ştefan Odo- bleja (*Psihologia consonantistă şi cibernetica,* Editura „Scrisul Românesc", Craiova, 1979, p. 236) „a matematiza este a traduce, iar traducerea nu-l transformă pe traducător în autor.

Dacă se traduce *Regele Lear* în româneşte..." Continuarea poate fi uşor ghicită. O asemenea caricatură a procesului de matematizare aminteşte de dezideratul exprimat uneori în ceea ce priveşte poezia, cerîndu-i poetului să-şi traducă poezia în limbajul uzual, pentru a se face înţeles.

Dacă pentru unii matematizarea este, ca mai sus, un mijloc de camuflare, pentru alţii ea este o sursă de spaimă. Referindu-se la cartea *Mihai Eminescu* (Culegere de studii şi articole) de G. Călinescu, acad. Şerban Cioculescu scrie *(Eminesciana,* în „Luceafărul" din 9 septembrie 1978) : „Aplaudăm însă şi subscriem aceste cuvinte, referitoare la panmatematismul contemporan, care a invadat şi filologia : «Gît despre metodele matematice, ele mă sperie şi, barbar, rămîn la ele rebarbativ»".

Alarmantă este viziunea tot mai răspîndită printre umanişti a unei matematici care concurează disciplinele umaniste, mai mult, le ameninţă însăşi fiinţa lor. într-o discuţie (Valeriu Mangu, *De vorbă cu Iorgu Iordan,* Editura Minerva, Bucureşti, 1982, p. 155), acad. Iorgu Iordan exprima această teamă într-un mod direct : „Un limbaj universal este, însă, cel ştiinţific. Poate, în momentul cînd toţi oamenii de pe pămînt vor şti matematică într-un grad superior, acest deziderat se va realiza. Ar însemna atunci că va dispărea cultura umanistă, fiind înlocuită cu una ştiinţifică. Cine ştie ?" Este aceasta o opinie izolată ? Nicidecum. Iată o altă situaţie, mai generală. Multe dintre pledoariile in favoarea limbii şi literaturii române în şcoală îşi dezvoltă argumentele pe seama culturii matematice tehnico- ştiinţifice, din vina căreia s-ar fi ajuns la o marginalizare a culturii umaniste în şcoală. Iată, de exemplu, ce crede lingvistul şi scriitorul

Ion Coja (*Statutul general al filologiei mi se pare în suferinţă,* „Suplimentul literar-artistic al Scînteii Tineretului" din 10 octombrie 1982) : „Statutul general al filologiei mi se pare în suferinţă. Creşte printre filologi un fel de sentiment al vinovăţiei. Mai pe faţă, mai cu subînţeles, prea mulţi factori de răspundere iresponsabili afirmă inutilitatea noastră. Sînt la modă inginerii, matematicienii. E secolul lor. Cu ce se ocupă însă aceştia ? Bunăoară cu fabricatul televizoarelor. La ce-s bune televizoarele ? Ca milioane de spectatori să poată urmări o piesă de teatru, un film, un balet ! Nu ? Adică fabricăm televizoare pentru a răspîndi mai larg şi mai adînc cultura, literatura ! şi nu ingineria".

Mai e oare nevoie să argumentăm precaritatea unor asemenea consideraţii ? Cu exemple de acest fel se poate demonstra orice. Plasîn- du-ne într-o asemenea logică, am putea argumenta că limba nu este decît un instrument pentru a comunica adevăruri matematice, inginereşti etc., deci că limba e numai un mijloc iar celelalte sînt un scop. Dar, desigur nu vom cădea în capcana naivă a ierarhizării unor valori care au o nevoie organică unele de altele. O atare concepţie este dăunătoare pentru întreaga cultură, dar ea a fost combătută de atîtea ori şi cu argumente atît de convingătoare (un singur exemplu : Gr. C. Moisil în *Ştiinţă şi umanism,* Editura Junimea, Iaşi, 1979), încît nu vedem ce s-ar mai putea adăuga. Dar nu putem eluda aici partea de răspundere care revine matematicienilor şi, în general, reprezentanţilor culturii tehnico-ştiinţifice care, de multe ori, ei înşişi nu realizează potenţialul cultural al specialităţii lor. Simptomatic în această privinţă este faptul că foarte mulţi profesori de matematică, fizică, chimie etc. nu dau nici

o atenţie chestiunilor de limbă şi, în general, de exprimare. Greşelile de gramatică, exprimările defectuoase, încălcarea regulilor de ortografie sînt penalizate, de cele mai multe ori, numai de către profesorul de română. Se uită că profesori de română trebuie să fim toţi cei care, predînd o disciplină sau alta, folosim drept cod al comunicării limba română. Profesorul de matematică din România este implicit şi profesor de română. Dacă aceasta nu se întîmplă, atunci impactul cultural al matematicii, relaţiile ei cu disciplinele umaniste sînt grav compromise.

Privind în propria noastră grădină, noi, matematicienii, vom găsi de altfel şi alte buruieni. Stereotipia problemelor din unele manuale de matematică a devenit proverbială. Mulţi oameni de cultură au rămas marcaţi toată viaţa de amintirea lor neplăcută, de natura maşinală a jargonului matematic. Umoristul canadian Stephen Leacock a ironizat undeva aceste probleme fabricate cu personaje care acţionează demenţial, ca-n filmele cu Stan şi Bran. „Personajele care iau parte la intriga dramatică a unei probleme sînt în număr de trei şi se numesc A, B şi C. întrebarea care se pune sună de obicei cam aşa : A, B şi C îndeplinesc împreună o anumită lucrare. A munceşte într-o oră cît B în două ore sau C în patru. Să se afle în cît timp îşi vor termina tustrei lucrarea. Sau astfel : A, B şi C sînt puşi să sape un şanţ. A poate să sape într-o oră cît sapă B în două ore, iar B la rîndul lui sapă de două ori mai repede decît C. Să se afle în cît timp... Sau : A face rămăşag cu B şi C că poate fugi mai repede decît ei. A fuge o dată şi jumătate mai repede decît B..." Desigur, dacă pentru a justifica studiul ecuaţiilor sau al aritmeticii este nevoie să recurgem la astfel de situaţii „scoase din buzunar", şansa matematicii de a fi

altceva decît o corvoadă este serios compromisă.

Amintirea neplăcută — uneori sub formă de coşmar — a orelor de matematică din şcoală a pătruns şi în literatură. Iată un exemplu dintre cele mai recente. în *O lecţie de logică* („Viaţa Românească", octombrie 1982, p. 42— 44), Alexandru George îşi aminteşte modul în care, la o lecţie de geometric, a încercat să se lase supus „torturii ilogicului... care trebuie să fi semănat cu tortura conştiinţei de pe vremea Inchiziţiei"... Fiind scos la tablă, iată ce-şi aminteşte : „M-am chinuit deci o jumătate de oră să nu recad in realitate şi să nu mă las dus fără voie în angrenajul logicii. La urmă, am scris, la dictarea profesorului, această frază perfectă, cu impecabila mea pe atunci caligrafie : «în cazul unui triunghi înscris într-un cerc, la unghiuri egale se opun unghiuri egale şi reciproc»".

Situaţia socială a matematicii, în raport cu celelalte discipline, este de multe ori asemă- nătore cu aceea din povestea cu tatăl, copilul şi măgarul care se duceau la tîrg şi oricum procedau (copilul călare pe măgar, tatăl călare pe măgar sau nici una nici alta) îşi atrăgeau criticile trecătorilor. Cînd matematica duce la rezultate care confirmă aşteptările intuitive, i se reproşează că nu aduoe nimic nou. Cînd infirmă aceste aşteptări, este acuzată că se opune realităţii. Cînd, în sfîrşit, nu se întîmplă nici una nici alta, este ruptă de realitate. Mulţi matematicieni care se ocupă de aplicaţii în alte discipline pot confirma prin exemple fiecare dintre aceste situaţii. Absenţa unor verigi intermediare în comunicarea dintre matematician şi profan, trecerea bruscă din jargonul matematic: (sărac în motivaţii, comentarii şi interpretări) în limbajul uzual şi reciproc produc

neînţelegeri de tipul menţionat. Dacă matematica este reprezentată ca o simplă operaţie de traducerc, aşteptările pot fi într-adevăr grav înşelate. Formulez o problemă în limbajul cotidian, o traduc matematic, o rezolv, apoi traduc soluţia înapoi în limbajul uzual. Nu negăm că uneori un atare itinerar oste posibil şi relevant ; dar, în general, el osto, c um am mai spus, o caricatură a procesului de matematizare, o caricatură la fel de grosolană ca acea care s-ar obţine dacă am proccda aşa cu relaţia dintre limbajul poetic şi cel uzual. Aceasta nu înseamnă, desigur, că matematica este infailibilă. Intr-un articol *(Why Mathematics in Social Sciences,* în H. H. Holm and E. Rudeng eds., „Social Science — For What ?" Festschrift for Johan Galtung, Oslo-Bergen-Tromso, 1980, p. 206—212) am distins patru modalităţi de a invoca matematica : a) din snobism, b) deoarece (ca şi unele medicamente) nu face rău ; c) pentru că e utilă ; d) pentru că este inevitabilă. După cum se observă, aceste distincţii sînt operate din punctul de vedere al intenţiilor celui care se prevalează de mstematică. Nu este însă greu de observat că modalităţile a şi b aduc de multe ori prejudicii serioase procesului de comunicare ştiinţifică şi prestigiului matematicii în rîndul celorlalţi specialişti. Faţă de ceea ce nu înţelegi, este suficient cel mai mărunt argument sau numai un pretext pentru a adopta o atitudine de respingere. Omul, cînd nu înţelege, e contra, observa Gr. C. Moisil. Au fost suficiente cîteva (şi de fapt au fost mai multe) articole proaste de aplicare a statisticii matematice în domeniul umanist

pentru a-i transforma pe mulţi umanişti în adversari ai metodelor statistice, după cum astăzi un singur articol simplificator privind utilizarea calculatorului în umanistică este suficient pentru a-i determina pe unii umanişti să vadă în calculator un factor de dezumanizare

.O situaţie mai subtilă este aceea în care cei lipsiţi de cultură matematică se consolează cu argumentele pe care chiar matematicienii le aduc în sprijinul razei de acţiune limitate a matematicii. în această privinţă, este de obicei invocată teorema lui Godel, după care un sistem formal al aritmeticii nu poate fi în acelaşi timp necontradictoriu şi complet. O rafinată poetă şi cercetătoare literară (Irina Mavrodin, *Introducere la semiologia literaturii,* „România literară" clin 23 noiembrie 1978) crede că ne aflăm într-un moment în care „matematicienii şi logicienii înşişi au constatat că pînă şi în domeniul ştiinţelor formale formalizarea integrală eşuează de îndată ce o teorie ajunge la un anume grad de complexitate ; or, obiectul care este limba şi, cu atît mai mult, cel care este literatura este infinit mai complex decît cel al axiomaticii — nu se iluzionează asupra valorii extrapolării unor proceduri din domeniul ştiinţelor exacte în cel al ştiinţelor umaniste, prin intermediul lingvisticii". Se poate observa aici modul în care dintr-o premisă corectă — imposibilitatea formalizării totale — se alunecă într-o concluzie falsă : contestarea, în disciplinele umaniste, a oricărei proceduri provenind (prin lingvistică) din ştiinţele exacte. Cum este posibil să apară această logică rudimentară a lui „sau totul, sau nimic", la un autor obişnuit să opereze disocieri subtile şi care repudiază tocmai simplificările în plasa cărora de astă dată a căzut ? Teorema lui Godel ne pune în

faţă cu două deziderate naturale, care însă nu pot fi satisfăcute în acelaşi timp. Ea arată numai limitele formalizării, nu inutilitatea sau imposibilitatea ei.

*

Desigur, nu am discutat decît cîteva dintre chestiunile pe care le ridică prezenţa socială a matematicii în lumea contemporană.

Matematica românească, cu tradiţii glorioase şi realizări recunoscute în întreaga lume, va găsi, fără îndoială, calea de rezolvare a unor probleme atît de spinoase ca cele de mai sus. Sprijinul întregii noastre societăţi va fi decisiv în această privinţă.

THE CHALLENGE OF SCIENCE

Summary

PREFACE.....13
The challenge of axiomatic thinking
From Euclid to Spinoza.....19
The axiomatic thinking in offensive ... 20
The axiomatics, between pliysics and logic . 22 A distinction which did not resist : axiom-postulate.....23
A new stage of the axiomatic thinking . . 25
A halt at the Riemann geometry .... 2G A stronger relation between geometry and experiment.....28
Children and axiomatics.....20
Possibility of axiomatic dictionaries ... 31
In absence of axioms, circularity appears . 33
Logic axioms and linguistic axioms . . . 35

An essential moment : the choice o[tliu axioms 37
How is born a system of axioms 38
The Galois group.....39
Between axiom and its interpretation . .41 The truth of the axioms or IIie tiuth of tlioir interpretations ?.....42
The relative non-contradiction.....44
Independente of a system of axioms ... 45
Some more difficult cases.....47
Compleleness and categoricity.....48
Categoricity of a system of axioms 50
A.viomatization of a part of the plane geometry 52
First concepts, tlien axioms.....54
From traditional to modern view 55
Godel's challcnge.....
The mctamathematics.....
The incompleteness theorem.....
Kichard's p.iradox.....
Godel's numbering.....
Mowever, the paradox cannot be avoided A non-contiadictoiy fonnalization is in complete.....
An aiuilogy witli the lini- paradox . lmpossibility of a proof of absolute non contradiction.....
A Godel macliinery.....
A more general formal system A Godel type abstract theorem A dilemma concerning true but non-provabic stateinents.....
A strânge pair of statements ....
Decision procedures.....
Decidable and non-decidable theories
The Challenge of physics
Einstein-Podolsky-Rosen's challenge
Bell's theorem.....
The „bootstrap" hypothesis.....
Fhysics and topology ... .
Buh in's ideas .... . .
The strânge mathematics of quantum me chanics.....

Implicate order, matter and energy l'rom fragriientation to unity ....
Bolim about time.....
Is the universe of a holographie nature ?
The brain as a hologram.....
The challcnge of medicinc The Magellan moment of medicine .
Linear and circular.....
Linearity as a source of illness .
The huinan factor.....
At every five years we change oui- atoms
Circularity as destiny.....
Medicine and dissipative structures
Science challanges philosophy ; the distinciîon «lisriote-rontinuous
Starting from the Riemann hypothesis , . 143
The intimate nature o[tliings.....146
Connexion and non-interruption 150
Wliole and part ; the non-quantificable . . 154
Mereology as a generalizution ol' geometry . 158
'J'lie discrete of science and the continuum of poetry..... . . ICI
Îs discrete mathematics a danger for the continuous mathematics ?.....165
Algorithmic discreteness viewed by D. E. Knuth 168
Discreteness's offensive.....172
Discrete, eontinuous and again discrete . . 175
l'hilosophy challenges science
„Etliic neutrality" of science.....180
The specialized intelligencies.....183
Steiner's challenge.....185
Noica's challenge.....188
Is philosophy of science philosophy ? . . 191
Man is his interaction with the world . . 194
Is a Monsieur Jourdain of science possiblo ? . 198
Wliat is exactness ? 202
lOxactness and truth in interaction 205
Trutli, mcaning, value.....209
The chailcnge ol energy
Energy and ti ine.....213
Economic and technologic aspects of energetic systems.....217
Physics and econoniy challenge eacli otlier . 220

Energy, history, culture.....224
Beyond the fossil fuels.....227
Economic organization and energy .... 231 Through entropy and information, from physics to economics 234
Selforganization and far from equilibrium systems.....238
Aspects of the Romunian thinking about energy and entropy.....-43
The challengc of social sciences
VViiere does science begin ?.....247
Betvveen model and theory.....249
Bunge and Singer about theory 251
Proto-scienee, science, obsprvntion and experiment 253
Why mathematics in social sciences ? . . 255
Mathematics and the modeling of social processes.....257
The challcnge of information
To receive and to produce information 263
A personal testimony.....265
Accumulution, selection, compression . . 267
To increase the oxchange capacity of our journals.....208
A tremendous information comes to us only if we are going to it.....270
Oral science and direct contacts 271
Information and creativity.....272
Two opposite exaggerations.....274
Praise of the paper.....276
From papirus to paper and from paper to printing.....277
From the memory of the paper to the memory of the computer.....279
Two types of illiteracy.....281
The challenge of languages
The distinction langue-langage ... 283
Human languages, natural languages, formal languages.....285
Priority of natural languages.....287
The artificial, as a means to understand the natural.....290
Universal grammars.....292
The distinction natural-artificial 295
Human language = natural language ? . . 296
Inferiority and privilege of artificial languages 297
Languages for internaţional communication 299

Freudenthal's retort.....300
Specialized artificial languages 301
Linguistic universals.....302
Status of well-formed strings 303
Infinity.....303
The gap between coinpetence and performant» 304
Additive or integrative semantics ? . . . 305
Uses beyond the iniţial finality 306
Presence of phenomena of ambiguity . 307

Duality of patterning….308Presence of a rhetoric ……310
Tendency towards poeticity……310
Possibility of self-reference……312
Impossibility to learn the language before using it……312
The language of science and the public judgment……313
Between Hjelmslev and Godel……316
The challenge of programming languages . 319
Mathematical linguistics, today……322
New forms of the interference of linguistics and matliematics……326
Huinan communication : a common fact and an enigma……330
The challenge ol history
Mathematics and history……336
History and strategy……341
Between the historical and the fictional discourse……345
From Xenopol to Ferdinand do Saiissure . . 349
History as seriaiîty……354
History as text……358
The challenge of social indicators
Introduction……303
Indicators are signs……3C5
Incursion in semiotics……367
Indicators, as indexical signs……371
Indicators and global problems……373
Indicators, as iconic signs……376
Indicators as symbols……380
Symbolic function and sockil contract . . 382
Culture — a trude witli signs …… 383
Indicators and human development . . . 385
From isolated indicators to systems of indicators ……387
An attempt of systeniatization……389
The challenge of school currlcula and textbooks
How was Euclid contested……396
Towards a science accessible to many people . 399
The quarrel of „modern mathematics" . . 403
The matiiematicians challenge the physicists . 406
Utility of the gratuitous……410

„Bring back geometry !" . Renf Thom about rigor
The social and cultural challenge of mathematics
From the set-theoretic revolution to the computaţional revolution.....422
From the first to the second industrial revolution 423
Abolition or attenuation of some old distinctions.....426
Mutations in the structure of learning processes.....428
Mathematics and global problems of mankind 431
The need of mathematics and how to be aware of it.....433
Human intelligence and formation of mathematical thinking.....437
Attention I The computer !.....438
Dangers in using computers.....440
Training witli games anticipates the algorithmic thinking.....441
Interdisciplinarity — strategies and impli- cations 444

41
3
41
7

Mathematics and the technological world . 446 The cultural cliance of mathematics 45

PROVOCATION DE LA SCIENCE

Sommaire

P R £ F A C E.....13
Provoration de Ia pensee axiomatique
De Euclide â Splnoza.....19
La pensee axiomatique en offensive ... 20
L'axiomatique, entre physique et logique . . 22 Une distinction qui n'a pas resiste: axiome-postulat.....23
Une nouvelle etape de la pensee axiomatique . 25
Un arret â la geometrie de Riemann 26
Connexion etroite entre geometrie et experiment 28
Les enfants et l'axiomatique.....29
Possibilite des dictionnaires axiomatiques . 31
En absence des axiomes, apparaît la circularite 33
Axiomes logiques et axiomes linguistiques . 35
Un moment essentiel : le clioix des axiomes 37
Comment naît un systeme d'axiomes ... 38
Le groupe de Galois.....39

Entre axiome et son interpretation .... 41 La verite des axiomes ou bien de leurs interpretations ?.....42
La non-contradiction relative.....44
lndependance d'un systeme d'axiomes ... 45
Quelques cas plus difficiles.....47
Completitude.....48
Categoricii d'un systeme d'axiomes ... 30
Axioniatisation d'une pârtie de la geometrie plane.....52
D'abord les concepts, onsuite les axiomes . .54 De la conception traditionnelle â la conception moderne.....55
La provocation de G6del.....57
La metamathematique.....58
Le theoreme d'incompletitude.....59
Le paradoxe de Richard.....61
La numeration de Godel.....63
Et pourtant, le paradoxe ne peut pas etre evite 64
Une formalisation non contradictoire est incomplete 66
L'analogie au paradoxe du menteur . . . 69
L'inipossibilite d'une domonstration de non contradiction nbsolue.....70
Une niacliino Godel.....71
Un systeme formei plus general 72
Un theoreme abstrait de type Godel ... 74 Un dilenime concornant les enonces vrais, mais non demontrables.....75
Une paire bizarre d'enonces.....77
Pi-occdures de decision.....78
Theories dccidables et theories non deeidables 79
Provocation dc la physique
La provocation Einstein-Podolsky-Rosen . . 82
Theoromo de Boli.....85
Uypothese du „bootstrap".....89
Physique et topologie.....92
Les idees de Bohm.....95
L'ctrange mathcmatique de la mecanique quanti<|ue.....98
L'ordie impliqur, la matiere et l'energie . . 102
D;' la fraginentution ă l'unite.....105

Bohm sur lo temps.....107
ICst-il l'univers de nature holographique ? . . 110
Le cerveau comnie hologramme.....113

Provocation de la medecine

Le moment Magellan de la medecine . . 118
Lineaire et circulaire.....122
La linearite comme sourse de maladie . . . 126
Le facteur humain.....129
Apres ciiit] annees nous sommes autres . . 132
Lu circulante coinnie destin.....136
La medecine et les structures dissipatives . . 139
La science provoque la philosophie ; lc discret ct le conţinu
En partant de l'hypothese de Riemann . . 143
La nature intime des choses.....146
Connexion et non-interruption.....150
Entier et pârtie ; le non-quantifiable ... 154 La mereologie comme generalisation de la geometrie.....158
Le discret scientifique et le conţinu poetiqMe . 161
La mathematique discrete detronne-t-elle la mathematique continue ?.....165
Le discret algorithmique, selon D. E. Knuth . 168
L'offensivo du discret.....172
Discret, conţinu et do nouvcau discret . . 175

La philosophie provoque la science

Neutralite ethique de la science.....180
Les intelligences specialisees.....183
La provocation de Steiner.....185
La provocation de Noica.....188
Est-elle la philosophie des scienccs philosophie? 191
L'homme est son interaction avec le monde . 194
Kst-il possible un Monsieur Jourdain de la science ?.....198
Qu'est-ce-que l'exactitc ?.....202
L'exactite ct la vcrito on interaction . . . 205
Verite, sens, valeur.....209

Provocation de l'energic

Energie ot temps....., . 213
L'economique et le teclinologique dans le systome energetique.....216
La physique et 1'economic sc provoqlicnt rc-

ciproquement.....220
Energie, histoire, culture.....224
Au-delâ des combustibles fossiles 227
Organisation economique et energie . . . 231 Far
entropie et information, de la physique
ă l'oconoinio.....234
Auto-organisation et los systcmes loins de
l'oquihbre.....238
De Ia pensce energetique-cntropique roumaine 243
Provocation des scienres sociales
Oii comnience la science ?.....247

Entre modale et tlieorie .....
249Bunge ct Singer sur la theorie.....251
Protoscience, science, observation et experiment253
Pourquoi Ies mathematiques dans Ies sciences sociales ?.....255
La maţhematique et la modelation du social . 257
Provocation de I'information
Rpcevoir, mais aussi produire de I'information 263
Un aveif personnel.....265
Accumulation, s^lection, comprimation . . 267
Renforcer la capacite d'echange de nos journaux scientifiques.....268
Une immense information vient vers nous seulement si nous allons vers elle . . 270
La science orale et Ies contacts directs ... 271
Information et creativite.....272
Deux exagerations de sens oppose . . . 274
L'eloge du papier.....276
Du papirus au papier et du papier â l'imprimerie . ..".....277
De la memoire du papier ă la memoire de l'ordinâteur.....279
Deux stades d'alphabetisation.....281
Provocation des Iangages
La distinction langue-langage.....283
Langages humains, Iangages naturels, Iangages formels.....285
Priorite du langage articule.....287
L'artificiel, comme moyen de compreliension du naturel.....290
Les grammaires universelles.....292
La distinction naturel-artificiel.....295
Langage humain = langage naturel ? . . . 296
Inferiorite et privilfege des langages artificiels 297
Langages pour la communication internaţionale 299
Replique de Freudentlial.....300
Langages artificiels specialiscs.....301
Lps universaux linguistiques.....302
Statut des sequences correctement formees 303
I/infinite.....303
Le d^calage entre competence et performance 304
Semantique additive ou integrative ?305 Ulilisations autres que celles envisagees prea-

lablement
30(jPresence des ph£nomenes d'ambigult6 . 307
La double articulation.....308
Presence d'une rhetorique.....310
Tendance vers la poeticite.....310
lmpossibilite d'apprendre le langage avant son utilisation.....312
Le langage de la science et le jugement public 313
Entre Hjelmslev et Godel.....316
Provocation des langages de programmation . 319
La linguistique mathematique, aujourd'hui 322
Formes nouvelles de l'interference de la mathematique et de la linguistique.....326
La communication humaine : un fait commun et une enigme.....330
Provocation de I'histoire
Mathematique et histoire.....336
Histoire et strategie.....341
Entre le discours historique et le discours fiction.....345
De Xenopol â Ferdinand de Saussure 349
L'histoire comme serialite.....354
L'histoire comme texte.....358
Provocation des indicateurs sociaux
Introduction.....363
Les indicateurs sont des signes.....365
Une incursion en semiotique.....367
Les indicateurs, comme signes indiciaux . . 371
Les indicateurs et les problemes globaux . 373
Les indicateurs comme signes iconiques . . 376
Les indicateurs comme symboles 380
La fonction symbolique et le contrat social 382
La culture — un commerce de signes . . . 383
Les indicateurs et le developpement humain . 385
Des indicateurs isoles aux systâmes d'indicateurs.....387
Une tentative de systematisation 389
Provocation des programmes et des manuels ecoliers
Comment a ete conteste Euclide.....396
Vers une science accessible â la plupart des gens.....399
La querelle des „mathematiques modernes" 403

Les matheinaticiens provoquent les physiciens . .....
406Utilite du gratuit.....410
Geometrie, ne t'en va pas !.....413
Rene Thom sur la rigueur.....417
Provocation sociale et culturelle de la mathematique
De la r^volution ensembliste ă la revolution computationnelle.....422
De la premiere â la deuxieme revolution industrielle.....423
Abolition ou attenuation de certaines vieilles distinctions.....420
Mutations dans la structure des processus d'apprentissage.....428
Les mathematiques et Ies problemes globaux de l'humanite.....431
Conscience du besoin de mutlit'matiquo . . . 433
L'intelliRence humaine et la formation de la pensee nathematique.....437
Attentii â l'ordinâteur !.....438
Dangers dans l'utilisation des ordinatours . 440
L'entrainement ludique anticipe la pensee algorithmique.....441
L'interdisciplinarite — strategies et implications.....444
Les mathematiques pt le monde de la teclinique 446
La chnnre c-ulturelle des mathematiques . . 451
Tehnoredactor : FLORICA PASLARU Format 24/60 X 90. coli editură 21,43. Coli tipar 19.C7. Bun de tipar 4 august 1987. Apărut — ianuarie 19811.

Comanda nr. G86/172 întreprinderea poligrafică „13 Decembrie 1918', str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97, Bucureşti, Republica Socialistă Români

a(Continuare de pe ultima pagină a copertei)

L. de Broglie: Certitudinile şi incertitudinile ştiinţei
• • • Procese revoluţionare în ştiinţă ţi tehnici ţi dezvoltarea societăţii
• • • Ştiinţa şi contemporaneitatea
• • • Catastrofă sau o nouă societate? P. L. Kapiţa: Experiment, teorie, practică

J. W. Botkin, M. Elmandjra, M. Mal iţa: Orizontul fără limite al învăţării (Lichidarea decalajului uman) I. Olteanul Limitele progresului şi progresele limitelor
• * * Revoluţiile industriale în istoria societăţii L. Grunbcrg". Opţiuni filozofice contemporane A. Szent-Gyorgyi: Pledoarie pentru viaţă
• • • Rasismul în faţa ştiinţei
A. Kastler: Această stranie materie
• • • Noua revoluţie agrară în România
S. Lupasco". Logica dinamică a contradictoriului
A. Sehaff: Istorie şi adevăr
J.K. Galbraith: Ştiinţa economică şi interesul public
• • • Problemele globale şi viitorul omenirii 1. Olteanul Dialoguri despre viitor
M.E. Omeieanovski: Dialectica în fizica modernă P.-H. Chombart de Lauwe: Cultura şi puterea J. Haberraas: Cunoaştere şi comunicare
D. Gabor, U. Colombo, A. King, R. Galii'. Să ieşim din epoca risipei
B. de J ou venei: Progresul în om
• ♦ • Noile tehnologii de vîrf şi societatea A. Toffler: Al treilea val
Coordonator W. Häfele*. Energia într-o lume finită
E. Fromm: Texte alese
Al. Boboc: Confruntări de idei în filozofia contemporană
• • • Stiinţă, tehnologie, dezvoltare socială şi umană N. Iahiel: Sociologie şi ştiinţă
M. Florescu". Enigmele şi paradigmele materiei I. Prigogine, I. Stengers: Noua alianţa. Metamorfoza ştiinţei S. Weioberg: Primele trei minute ale universului M. Bunge: Ştiinţă şi filosofie
• • • Microelectronica şi societatea H. Selye: Ştiinţă şi viaţă
Al. Tănase: Umanismul şi condiţia umană în civilizaţia contemporană
Maria D. Popescu: Un posibil răspuns la dilemele dezvoltării. Procesul circular activ
Abdus Salam: Ştiinţa, bun al întregii omeniri
• * * Revoluţia ştiinţifico-tehnică şi aplicaţiile ci în dezvoltarea socială a României
Andrei Roth: Individ şi societate Ovidiu Trăsnea.' Filosofia politică
• * * Interdisciplinaritatea şi ştiinţele umane Kari Jaspert: Texte filosofice
• • • Hrană pentru şase miliarde George Uscătescu.' Proces umanismului
Abdur Rahman: Anatomia ştiinţei

ÎN COLECŢIA „IDEI CONTEMPORANE" AU APĂRUT:

• • • Ştiinţa, ţi sinteză — Colocviu UNESCO R. Garaudy: Marxismul secolului XX
G. N. Volkov: Sociologia ştiinţei
L. Althusser: Citindu-l pe Marx
V. Roman : Revoluţia ştiinţifică ţi tehnică. Eseuri
R. Richta fi colectiv : Civilizaţia la răscruce
M. Dufrenne : Pentru om
L. Goldmann : Sociologia literaturii
P. V. Kopnin : Bazele logice ale ştiinţei
L. Nikolov : Cibernetica ţi economia
N. Wiener: Sînt matematician
N. N. Constantinescu: Problema contradicţiei în economia socialistă
I. Hermann : Kitsch-ul, fenomen al pseudoartei A. Pellctier, J. J. Goblot: Materialismul istoric ţi istoria civilizaţiilor
A. Toffler: Şocul viitorului
R. Florian : Reflecţii asupra filozofiei marxiste
• * * Mutaţii contemporane în ţtiinţă ţi tehnică ţi implicaţiile lor
• • * Ştiinţă, filozofie, ideologie M. Dragânescu : Muncă ţi economie
• * * Revoluţia ţtiinţifică-tehnică ţi progresul L. Sive: Marxismul ţi teoria personalităţii
G. Lukict: Ontologia existenţei sociale
• * * Revoluţia socialistă ţi revoluţia ţtiinţifică-tehnică M. McLuhan: Galaxia Gutenberg
M. Mesarovic, E. Pestei: Omenirea la răspîntie C. Wright-Mills : Imaginaţia sociologică T. Kotarbinski : Tratat despre lucrul bine făcut
• • • Revoluţia ţtiinţifică-tehnică ţi modernizarea forţelor de producţie M. Dragânescu : Sistem ţi civilizaţie E. **Bonncfous** : Omul sau natura ? C. I. Gulian: Marxism ţi structuralism
N. N. Constantinescu: Economia protecţiei mediului natural I. T. Frolov : Progresul ştiinţei şi viitorul omului
H. Marcusc : Scrieri filozofice N. P. Dubinin : Mişcarea eternă

• • • Problemele păcii ţi ale războiului în condiţiile revoluţiei ţtiinţifice ţi tehnice. Necesitatea istorică a dezarmării
W. Heisenberg : Păţi peste graniţe
Coordonator J. Tinbergen : Restructurarea ordinii internaţionale. C. Levy-Strauss: Antropologia structurală
• • • Corelaţia dintre infrastructura, structura ţi suprastructura societăţii socialiste din România in condiţiile revoluţiei ţtiinţifice ţi tehnice
N. Georgescu-Roegen: Legea entropiei ţi procesul economic
A. Toynbee : Oraşele in mişcare
B. G. Kuznețov : Raţiune ţi fiinţare
L. Schrtdinger : Ce este viaţa ? Spirit ţi materie B. Commoncr : Cercul care se închide (Natura. Omul şi Tehnica) G. Prestipino : Natură şi societate

(Continuare pe contrapagină)

O

EDITURA POLITICĂ 5